


# Radio bastelbuch

Karl-Heinz Schubert · Das große Radiobastelbuch

# Vorwort zur 4. Auflage

Die Aufnahme der bisher erschienenen 3 Auflagen des Buches durch den Leserkreis hat gezeigt, daß die Auswahl des Stoffes und die Art der Darstellung den Interessen des beginnenden Radiobastlers entsprechen. Deshalb hat der Verfasser auch für die neubearbeitete 4. Auflage die Konzeption des Buches beibehalten.
Der Teil des Buches, der sich mit den Röhrenschaltungen befaßt, wurde ergänzt um Hinweise zum Selbstbau von HF-Spulen und von NF-Ausgangsübertragern. Diese Bauelemente hat die Halbleitertechnik verdrängt, so daß sie heute im Handel kaum noch erhältlich sind.

Völlig überarbeitet und wesentlich ergänzt wurde der Transistorteil des Buches, um dem Leser die moderne Schaltungstechnik zu vermitteln. Es bot sich dabei an, die Stromversorgung von Transistorschaltungen in einem eigenen Abschnitt zu behandeln. Selbstverständlich wurde auch der Tabellenteil auf den neuesten Stand gebracht.
Der Verfasser dankt allen Lesern für Hinweise zum Inhalt des Buches.

Neuenhagen, im August 1973

*Karl-Heinz Schubert*

# Inhaltsverzeichnis

# Theoretische und praktische Grundlagen

# 1. Grundkenntnisse, die man sich aneignen muß

Es kann nicht die Aufgabe eines Radiobastelbuches sein, die gesamten Grundlagen der allgemeinen Elektrotechnik und der Funktechnik zu vermitteln. Dazu müßte es mehrere Bände umfassen. Auch gibt es über diese Gebiete eine Anzahl von Veröffentlichungen, die im Tabellenanhang aufgeführt sind. Wer sich daher näher mit den Grundlagen befassen will, muß diese Bücher durcharbeiten. Um aber dem Anfänger zu helfen, sollen zur Einführung einige Grundlagen kurz behandelt werden. Nimmt man dann noch die Hilfe der GST-Kameraden in den Klubstationen und Ausbildungszentren der *Gesellschaft für Sport und Technik* in Anspruch, so kann man sich als Anfänger schon an den Selbstbau eines funktechnischen Gerätes wagen.

## 1.1. Was man von der Elektrotechnik wissen muß

### 1.1.1. Der einfache Gleichstromkreis

Betrachten wir eine Taschenlampe, so sehen wir, daß sie im wesentlichen aus einer Batterie, einer kleinen Glühlampe, einem Ein/-Aus-Schalter und der Verbindung zwischen diesen Bauteilen besteht. Wie bei allen anderen Stromkreisen enthält die Taschenlampe eine Stromquelle (Batterie) und einen Verbraucher (Glühlampe). Diesen Stromkreis der Taschenlampe können wir vereinfacht in einem Stromlaufplan festhalten. Bild 1.1 zeigt den Stromlaufplan des Stromkreises einer einfachen Taschenlampe. In Stellung 1 des Schalters S ist der Stromkreis der Taschenlampe unterbrochen, die Taschenlampe also ausgeschaltet. In Stellung 2 wird der Stromkreis geschlossen. Es fließt von der Stromquelle ein Strom durch die Glühlampe und von da zurück. Dieser Strom bringt den Glühfaden der Glühlampe zum hellen Aufleuchten. Die Stärke des fließenden Stromes ist abhängig von der Größe der Batteriespannung und von der Größe des Widerstandes des Verbrauchers. Mit dem Ohmschen Gesetz können die einzelnen Größen in einem Stromkreis berechnet werden.

Ohmsches Gesetz:

$$U = I \cdot R;$$

$U$ – Spannung in V (Volt), $I$ – Strom in A (Ampere), $R$ – Widerstand in Ω (Ohm).

Kennt man die Größe der Spannung und die des Widerstandes, so kann man mit der umgestellten Formel die Größe des fließenden Stromes berechnen:

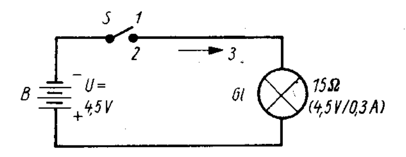



Bild 1.1
Stromkreisverlauf einer Taschenlampe

$$I = \frac{U}{R}.$$

Für die Berechnung des Widerstandes $R$ gilt analog

$$R = \frac{U}{I}.$$

*Beispiel* (s. Bild 1.1)

Welcher Strom $I$ fließt in einem Stromkreis bei einer Batteriespannung von $U = 4{,}5$ V und einem Widerstand der Glühlampe von $R = 15\ \Omega$?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4{,}5}{15} = 0{,}3\ \text{A}.$$

Schalten wir an einer beliebigen Stelle des Stromkreises einen Strommesser dazwischen, so wird dieser einen Strom $I$ von 0,3 A anzeigen.

Da das Ohmsche Gesetz für alle Stromkreise gilt, kann man mit dessen Hilfe eine Größe berechnen, wenn man die beiden anderen kennt.

*Beispiel* (s. Bild 1.2a)

Ein Widerstand $R$ liegt an einer Spannung $U$ von 100 V. Die Größe des Widerstandes ist 2,5 kΩ. Wie groß ist der durch den Widerstand fließende Strom?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{2500} = 0{,}04\ \text{A oder } 40\ \text{mA}.$$

*Beispiel* (s. Bild 1.2b)

Durch den Katodenwiderstand einer Elektronenröhre fließt ein Strom $I$ von 40 mA. Die Größe des Katodenwiderstandes beträgt 150 Ω. Wie groß ist der an diesem Widerstand auftretende Spannungsabfall $U$?

$$U = I \cdot R = 0{,}04 \cdot 150 = 6\ \text{V}.$$

*Beispiel* (s. Bild 1.2c)

Eine Elektronenröhre mit einer Heizspannung von $U_H = 6{,}3$ V und einem Heizstrom von $I_H = 0{,}2$ A soll an einer Batteriespannung von $U_B = 24$ V betrieben werden. Wie groß muß der erforderliche Vorwiderstand $R_V$ sein? Schließt man die Heizung der Elektronenröhre direkt an die Betriebsspannung an, so brennt der Heizfaden durch. Deshalb muß an dem Vorwiderstand ein solcher Spannungsabfall durch den Strom von 0,2 A erzeugt werden, daß am Heizfaden nur noch die Heizspannung auftreten kann. Demnach ist die Differenz zwischen Batteriespannung und Heizspannung am Vorwiderstand in Wärme umzusetzen:

$$R_V = \frac{U_B - U_H}{I_H} = \frac{24 - 6{,}3}{0{,}2} = \frac{17{,}7}{0{,}2} = 88{,}5\ \Omega.$$

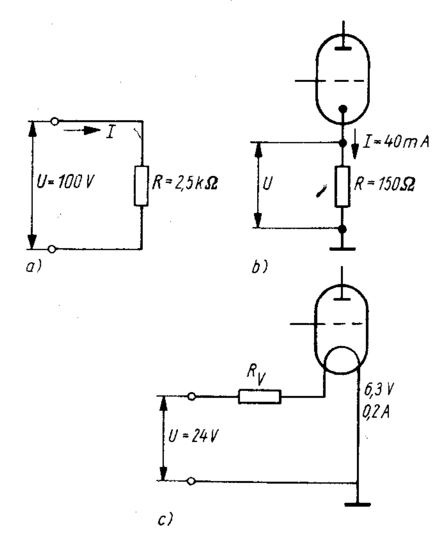



Bild 1.2
Beispiele zum Ohmschen Gesetz

Der Vorwiderstand muß also die Größe 88,5 Ω haben. Da ein solcher Widerstandswert nicht gefertigt wird, nimmt man einen Drahtwiderstand von 100 Ω mit Abgreifschelle und stellt mit einem Ohmmeter die-

sen Wert ein. Man kann aber auch den Widerstand von 100 Ω zusammen mit einem Strommesser in den Stromkreis einschalten. Dann wird der Widerstand mit der Abgreifschelle so eingestellt, daß ein Strom von 0,2 A fließt.
Die Einheit der Spannung ist 1 Volt (1 V). Davon abgeleitet sind

1 μV = 1 Mikrovolt = $10^{-6}$ V,
1 mV = 1 Millivolt = $10^{-3}$ V,
1 kV = 1 Kilovolt = $10^{3}$ V.

Die Einheit der Stromstärke ist 1 Ampere (1 A).
Davon abgeleitet sind

1 μA = 1 Mikroampere = $10^{-6}$ A,
1 mA = 1 Milliampere = $10^{-3}$ A.

Die Einheit des Widerstandes ist 1 Ohm (1 Ω).
Davon abgeleitet sind

1 mΩ = 1 Milliohm = $10^{-3}$ Ω,
1 kΩ = 1 Kiloohm = $10^{3}$ Ω,
1 MΩ = 1 Megaohm = $10^{6}$ Ω.

### 1.1.2. Die elektrische Leistung

Der elektrische Strom soll in einem Stromkreis nicht nur fließen, sondern bestimmte Wirkungen hervorbringen. Deshalb kann die in einem Stromkreis vorhandene Energie in andere Energieformen übergeführt werden.

*Beispiele*

Elektrische Energie in Licht (Leuchtstofflampe usw.);
elektrische Energie in Wärme (Heizspirale, ohmsche Widerstände usw.);
elektrische Energie in mechanische Energie (Motoren usw.).
Die dabei umgesetzte Leistung ist gleich dem Produkt aus Spannung und Stromstärke, also erhalten wir die Leistungsformel

$$P = U \cdot I;$$

$P$ – Leistung in W, $U$ – Spannung in V, $I$ – Stromstärke in A.
Die Einheit der Leistung ist 1 Watt (1 W). Davon abgeleitet sind

1 μW = 1 Mikrowatt = $10^{-6}$ W,
1 mW = 1 Milliwatt = $10^{-3}$ W,
1 kW = 1 Kilowatt = $10^{3}$ W,
1 MW = 1 Megawatt = $10^{6}$ W.

Da Ohmsches Gesetz und Leistungsformel eine enge Beziehung aufweisen, ergeben sich für die Berechnung der Leistung auch die folgenden umgewandelten Formeln:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad \text{und} \quad P = I^2 \cdot R\,.$$

Der ohmsche Widerstand $R$ wird dabei in Ohm eingesetzt.
Mit diesen umgewandelten Formeln kann man das Ohmsche Gesetz auch wie folgt darstellen:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{P}{U} = \sqrt{\frac{P}{R}}\,,$$

$$U = I \cdot R = \frac{P}{I} = \sqrt{P \cdot R}\,,$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U^2}{P} = \frac{P}{I^2}\,.$$

*Beispiele*

Welche Leistung nimmt ein Lötkolben auf, wenn bei einer Spannung von $U = 220$ V eine Stromstärke von $I = 0{,}455$ A fließt?

$$P = U \cdot I = 220 \cdot 0{,}455 = 100 \text{ W}.$$

Welchen Widerstand stellt eine 50-W-Glühlampe dar, wenn durch sie eine Stromstärke von $I = 0{,}227$ A fließt?

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$= \frac{50}{0{,}227 \cdot 0{,}227} = \frac{50}{0{,}0515} = 970\ \Omega\,.$$

Mit welcher Stromstärke $I$ darf ein 1-W-Widerstand von $R = 1\ \text{k}\Omega$ maximal belastet werden?

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1}{1000}}$$

$$= \frac{1}{31{,}6} = 0{,}0316\ \text{A} = 31{,}6\ \text{mA}\,.$$

### 1.1.3. Der Wechselstrom

Bei Gleichspannung bzw. Gleichstrom ist die Amplitude stets in der gleichen Größe vorhanden. Bei dem heute meist verwendeten Wechselstrom schwankt die Amplitude während einer jeden Periode zwischen einem positiven und einem negativen Höchstwert. Dabei wird während jeder Periode die sogenannte Sinusschwingung durchlaufen, wie sie in Bild 1.3 dargestellt ist. Die in einer Sekunde entstehenden Perioden bezeichnet man als die Frequenz $f$.
Die Einheit der Frequenz ist 1 Hertz (1 Hz). Davon abgeleitet sind

1 kHz = 1 Kilohertz = $10^3$ Hz,
1 MHz = 1 Megahertz = $10^6$ Hz,
1 GHz = 1 Gigahertz = $10^9$ Hz.

Der technische Wechselstrom, wie er in den Elektrizitätswerken erzeugt wird, hat eine Frequenz von 50 Hz. Als Niederfrequenz bezeichnet man den Tonfrequenzbereich von etwa 10 Hz bis 25 kHz. Alle Frequenzen darüber nennt man Hochfrequenz. Bei Rundfunkempfängern findet man oft neben der Frequenzangabe auf der Skalenscheibe auch die Wellenlängenangabe in m. Wellenlänge $\lambda$ und Frequenz $f$ hängen eng mit der Lichtgeschwindigkeit $c$ zusammen, da sich Hochfrequenzwellen mit der gleichen Geschwindigkeit ausbreiten.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000}{f}\,;$$

$\lambda$ – Wellenlänge in m, $c$ – Lichtgeschwindigkeit = 300000 km/s, $f$ – Frequenz in kHz.

*Beispiele*

Welche Wellenlänge $\lambda$ gehört zu einer Frequenz von $f = 500$ kHz?

$$\lambda = \frac{300\,000}{500} = 600\ \text{m}\,.$$

Wie groß ist die Frequenz $f$, die einer Wellenlänge von = 2,07 m entspricht?

$$f = \frac{300\,000}{2{,}07} = 145\,000\ \text{kHz} = 145\ \text{MHz}.$$

Eine besondere Rolle spielt in der Wechselstromtechnik die Kreisfrequenz $\omega$, die definiert ist als

$$\omega = 2\pi \cdot f = 6{,}28 \cdot f\,;$$

$\omega$ – Kreisfrequenz in 1/s, $f$ – Frequenz in Hz, $\pi = 3{,}14$.

Da Wechselspannung und Wechselstrom zeitlich sich ändernde Größen sind, muß man zwischen dem Maximalwert und dem Effektivwert unterscheiden. Der Effektivwert ist der Wert, der von Meßinstrumenten angezeigt wird. Diesen Wert legt man bei Berechnungen, z. B. bei Berechnung der Leistung, zugrunde. Nur wenn man die maximal auftretenden Spannungsamplituden

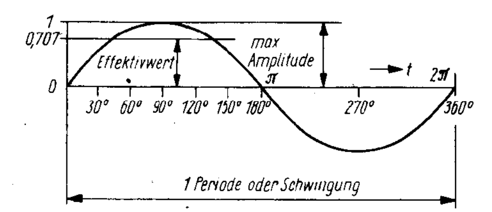



Bild 1.3
Verlauf einer Sinusschwingung

berücksichtigen muß, wie Isolierfestigkeit von Transformatoren oder Durchschlagfestigkeit bei Kondensatoren, ist der Maximalwert zu beachten. Zwischen Maximalwert und Effektivwert besteht folgender Zuzammenhang (s. auch Bild 1.3):

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}707 \cdot I_{max},$$

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}707 \cdot U_{max},$$

$$I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{eff} = 1{,}41 \cdot I_{eff},$$

$$U_{max} = \sqrt{2} \cdot U_{eff} = 1{,}41 \cdot U_{eff}.$$

*Beispiele*

Wie groß ist der Maximalwert $U_{max}$ einer gemessenen Wechselspannung von $U_{eff}$ = 220 V?

$$U_{max} = 1{,}41 \cdot U_{eff} = 1{,}41 \cdot 220 = 310 \text{ V}.$$

Die dem Steuergitter einer Elektronenröhre maximal zugeführte Spannung soll eine Amplitude von 10 V nicht überschreiten. Welche Spannung darf deshalb ein angelegtes Meßinstrument maximal anzeigen? (Es wird vorausgesetzt, daß eine sinusförmige Aussteuerung erfolgt.)

$$U_{eff} = 0{,}707 \cdot U_{max} = 0{,}707 \cdot 10 = 7{,}07 \text{ V}.$$

Bei der Berechnung von Wechselstromschaltungen ist zu beachten, daß die Formeln aus der Gleichstromtechnik nur dann Gültigkeit haben, wenn reine Wirkwiderstände (ohmsche Widerstände) in diesem Stromkreis vorhanden sind. Bei reinen Wirkwiderständen ist keine Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom vorhanden und der Phasenwinkel deshalb 0°. Sobald in einem Wechselstromkreis Blindwiderstände (verlustfreie Induktivitäten bzw. Kapazitäten) oder Scheinwiderstände (Kombinationen aus Wirk- und Blindwiderständen bzw. verlustbehaftete Induktivitäten und Kapazitäten) auftreten, ergibt sich eine Phasenverschiebung und damit ein bestimmter Phasenwinkel. Bei induktiver Belastung eilt in einem Wechselstromkreis die Spannung dem Strom voraus. Der maximale Phasenwinkel beträgt bei einer reinen Induktivität + 90°. Bei kapazitiver Belastung eilt der Strom der Spannung in einem Wechselstromkreis voraus. Bei einer reinen Kapazität ist der Phasenwinkel − 90°. Das Ohmsche Gesetz bei Wechselstrom hat folgende Form:

$$U = I \cdot R_s;$$

$U$ – Spannung in V, $I$ – Stromstärke in A, $R_s$ – Scheinwiderstand in Ω.

Wirkwiderstand $R_w$ und Blindwiderstand $R_b$ bilden den Scheinwiderstand $R_s$. Wegen der auftretenden Phasenverschiebung muß jedoch eine geometrische Addition von $R_w$ und $R_b$ erfolgen:

$$R_s = \sqrt{R_w^2 + R_b^2}.$$

Alle Widerstandswerte werden in Ohm eingesetzt. Der Phasenwinkel ergibt sich zu

$$\tan \varphi = \frac{R_b}{R_w}.$$

Dabei ist zu beachten, daß der Blindwiderstand kapazitiv, induktiv oder auch gemischt sein kann (Bild 1.4).

Auch bei der Anwendung der Leistungsformel müssen diese Probleme berücksichtigt werden, wenn man diese Formel für Wechselstromschaltungen benutzt. Man unterscheidet zwischen der Scheinleistung $P_s$, der

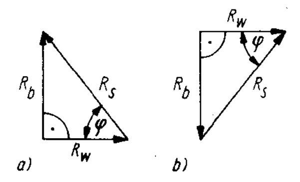



Bild 1.4
Geometrische Addition von Widerstandswerten bei Wechselstrom; (a) induktive Widerstände, (b) kapazitive Widerstände

Wirkleistung $P_w$ und der Blindleistung $P_b$:

$$P_s = \sqrt{P_w^2 + P_b^2}\,.$$

Dabei ist die

Scheinleistung $P_s = U \cdot I$ in VA,
Wirkleistung $P_w = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ in W,
Blindleistung $P_b = U \cdot I \cdot \sin\varphi$ in W.

### 1.1.4. Kondensator und Spule

Bei Gleichstrom stellt der Kondensator einen sehr hohen Widerstand dar. Er lädt sich auf die Größe der angelegten Gleichspannung auf. Nach einer bestimmten Zeit hat sich der Kondensator aufgeladen, und der Ladestrom ist immer geringer geworden. Wenn man den Kondensator, z. B. einen Elektrolytkondensator aus dem Netzteil, kurzschließt, so tritt durch die plötzliche Entladung ein starker Funke (große Stromstärke) mit knallartigem Geräusch auf. Da der Widerstand $R_c$ bei Gleichstrom einen sehr hohen Wert hat, versperrt ein Kondensator in einem Schaltungszug praktisch der Gleichspannung den Weg. Die Anwendung des Kondensators zu diesem Zweck ist in der Funktechnik vielfältig.

Bei Wechselstrom zeigt der Kondensator ein ganz anderes Verhalten. Sein Blindwiderstand wird mit zunehmender Frequenz immer kleiner.

Die dafür gültige Beziehung lautet:

$$R_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C};$$

$R_c$ – kapazitiver Blindwiderstand in Ω, $\omega$ – Kreisfrequenz in 1/s, $f$ – Frequenz in Hz, $C$ – Kapazität in F.

Bei der Frequenz 0 wäre demnach der Widerstand unendlich groß (Gleichstromsperrung!), bei zunehmender Frequenz und Kapazität würde der Widerstandswert praktisch fast 0 (Kurzschluß bei Wechselstrom!). Daraus erklärt sich auch die Anwendung des Kondensators als Sieb- und Kopplungskondensator in der Funktechnik.

*Beispiele*

Wie groß ist der für den Wechselstrom maßgebende kapazitive Widerstand eines Elektrolytkondensators von $C = 50\,\mu F$, der in einem Netzteil als Siebkondensator an einer Brummspannung mit der Frequenz von $f = 100$ Hz (Zweiweg-Gleichrichtung!) liegt?

$$R_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 100 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{31\,400},$$

$$R_c = \frac{1000}{31{,}4} = 31{,}8\,\Omega\,.$$

Wie groß ist der kapazitive Widerstand eines Kopplungskondensators von $C = 100$ pF bei einer Frequenz von $f = 6$ MHz?

$$R_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 6 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^4}{6{,}28 \cdot 6},$$

$$R_c = \frac{10\,000}{37{,}68} = 265\,\Omega\,.$$

Die Induktivität einer Spule zeigt ein umgekehrtes Verhalten bei Wechselstrom. Der induktive Widerstand nimmt mit der Frequenz und der Größe der Induktivität zu. Dafür gilt folgende Formel:

$$R_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L;$$

$R_L$ – induktiver Widerstand in Ω, $\omega$ – Kreisfrequenz in 1/s, $f$ – Frequenz in Hz, $L$ – Induktivität in H.

*Beispiel*

Wie groß ist der induktive Widerstand einer Spule mit der Induktivität von $L = 2$ mH bei einer Frequenz von $f = 200$ kHz?

$$R_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 6{,}28 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2512\,\Omega\,.$$

### 1.1.5. Reihen- und Parallelschaltung

Bei funktechnischen Bauelementen wie Widerständen, Kondensatoren und Spulen, außerdem bei Stromquellen, sind sowohl Reihen- als auch Parallelschaltungen sowie Kombinationen davon möglich.

a) Widerstände (Bild 1.5)

Bei der Reihenschaltung von Widerständen werden einfach die einzelnen Widerstandswerte addiert. Der Gesamtwiderstand ist dann gleich der Summe der einzelnen Reihenwiderstände:

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n .$$

Bei der Parallelschaltung von Widerständen ist der Gesamtwiderstand stets kleiner als der kleinste Widerstand. Die dafür gültige Formel lautet:

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n} .$$

Bei der Parallelschaltung werden also die Kehrwerte (Leitwerte) addiert. Sind nur 2 Widerstände parallelgeschaltet, so kann man für diese beiden Widerstände folgende Formel anwenden:

$$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} .$$

Bei der Berechnung ist stets darauf zu achten, daß alle Widerstandswerte in der gleichen Maßeinheit eingesetzt werden.

*Beispiele*

Wie groß ist der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung von Widerständen mit $R_1 = 800\,\Omega$, $R_2 = 5{,}6\,\text{k}\Omega$, $R_3 = 50\,\Omega$ und $R_4 = 3{,}55\,\text{k}\Omega$?

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 ,$$

$$R_{ges} = 0{,}8\,\text{k}\Omega + 5{,}6\,\text{k}\Omega + 0{,}05\,\text{k}\Omega + 3{,}55\,\text{k}\Omega ,$$

$$R_{ges} = (0{,}8 + 5{,}6 + 0{,}05 + 3{,}55) ,$$

$$R_{ges} = 10\,\text{k}\Omega .$$

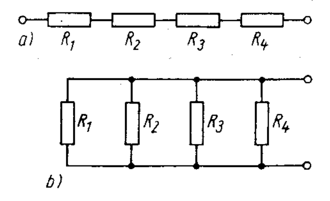



Bild 1.5
Reihenschaltung (a) und Parallelschaltung (b) von ohmschen Widerständen

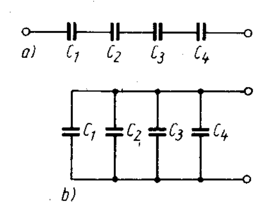



Bild 1.6
Reihenschaltung (a) und Parallelschaltung (b) von Kondensatoren

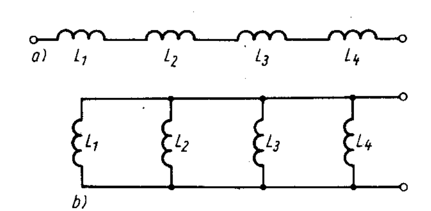



Bild 1.7
Reihenschaltung (a) und Parallelschaltung (b) von Induktivitäten

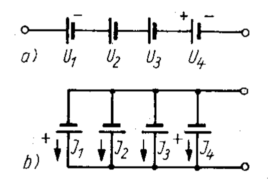



Bild 1.8
Reihenschaltung (a) und Parallelschaltung (b) von Stromquellen (Batterien)

Wie groß ist der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung von Widerständen mit $R_1 = 2\,\text{k}\Omega$, $R_2 = 5\,\text{k}\Omega$, $R_3 = 500\,\Omega$ und $R_4 = 10\,\text{k}\Omega$?

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4},$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{2\,\text{k}\Omega} + \frac{1}{5\,\text{k}\Omega} + \frac{1}{0{,}5\,\text{k}\Omega} + \frac{1}{10\,\text{k}\Omega},$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{0{,}5} + \frac{1}{10}\right),$$

$$\frac{1}{R_{ges}} = \left(\frac{5}{10} + \frac{2}{10} + \frac{20}{10} + \frac{1}{10}\right) = \frac{28}{10},$$

$$R_{ges} = \frac{10}{28} = 0{,}357\,\text{k}\Omega = 357\,\Omega.$$

Wie groß ist der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung von 2 Widerständen mit $R_1 = 100\,\Omega$ und $R_2 = 400\,\Omega$?

$$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \cdot 400}{100 + 400} = \frac{40000}{500},$$

$$R_{ges} = \frac{400}{5} = 80\,\Omega.$$

b) Kondensatoren (Bild 1.6)

Bei der Reihenschaltung von Kondensatoren vergrößert sich praktisch der Plattenabstand. Dadurch wird die Gesamtkapazität stets kleiner als die kleinste Kapazität in der Reihenschaltung

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n}.$$

Für 2 in Reihe geschaltete Kondensatoren gilt dabei wieder die vereinfachte Formel

$$C_{ges} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

Werden Kondensatoren parallelgeschaltet, so vergrößert sich die Plattenfläche. Es gilt dabei die Beziehung

$$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n.$$

Im übrigen sind die gleichen Hinweise zu beachten wie bei Widerstandsschaltungen.

c) Spulen (Bild 1.7)

Bei der Reihen- und der Parallelschaltung von Spulen muß man beachten, daß sich diese Spulen durch die vorhandenen magnetischen Felder gegenseitig beeinflussen, wenn keine besonderen Abschirmmaßnahmen getroffen werden.
Bei der Reihenschaltung von nicht koppelnden Spulen ist die Gesamtinduktivität

$$L_{ges} = L_1 + L_2 + L_3 + \cdots + L_n.$$

Werden nichtkoppelnde Spulen parallelgeschaltet, dann ist die Gesamtinduktivität

$$\frac{1}{L_{ges}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \cdots + \frac{1}{L_n}.$$

Für 2 nichtkoppelnde Spulen in Parallelschaltung gilt wieder

$$L_{ges} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}.$$

Besteht zwischen 2 in Reihe geschalteten Spulen eine magnetische Kopplung, dann ist bei gleichem Wicklungssinn

$L_{ges}$ größer als $L_1 + L_2$

und bei entgegengesetztem Wicklungssinn

$L_{ges}$ kleiner als $L_1 + L_2$.

Bei der Parallelschaltung zweier koppelnder Spulen sind die Verhältnisse wesentlich schwieriger zu berechnen. Schneller kommt man durch eine Messung der Gesamtinduktivität zum Ziel.

d) Stromquellen (Bild 1.8)

Stromquellen können ebenfalls in Reihen- und in Parallelschaltung betrieben werden. Bei der Zusammenschaltung ist jedoch auf

die Polarität zu achten. Bei der Reihenschaltung addieren sich die einzelnen Spannungen der Stromquellen zur Gesamtspannung

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_1 + U_3 + \cdots + U_n .$$

Bei der Stromentnahme ist zu beachten, daß die zulässige Stromstärke durch die am schwächsten belastbare Stromquelle bestimmt wird.

Eine Parallelschaltung von Stromquellen wendet man an, wenn ein größerer Strom entnommen werden soll. Es ist erforderlich, daß jede Stromquelle im unbelasteten Zustand die gleiche Größe der Spannung aufweist, sonst fließen Ausgleichströme zwischen den einzelnen Stromquellen. Bei der Parallelschaltung von Stromquellen werden alle Pluspole und alle Minuspole miteinander verbunden.

## 1.2. Einiges aus der Funktechnik

### 1.2.1. Die Elektronenröhre

Zu den wichtigsten Grundbauelementen der Funktechnik zählen neben den Widerständen, den Kondensatoren und den Spulen die Elektronenröhren sowie die Transistoren. In den funktechnischen Geräten werden die Elektronenröhren vor allem zur Erzeugung, Verstärkung und Gleichrichtung von Wechselströmen eingesetzt. Es wurden eine Vielzahl von Elektronenröhren konstruiert und gefertigt, wobei den Radiobastler heute vor allem die modernen Miniaturröhren interessieren.

Das System einer Elektronenröhre ist in einem luftleer gepumpten Glaskolben untergebracht. Es besteht im wesentlichen aus einer beheizten Katode, dem Steuergitter und der Anode. Bei Mehrelektrodenröhren wurden noch weitere Gitter hinzugefügt. Die Anode, die an einer positiven Spannung liegt, zieht aus der beheizten Katode austretende Elektronen an. Der dabei auftretende Elektronenstrom kann durch das Steuergitter beeinflußt werden. Je nach der Vorspannung des Steuergitters ist eine Regulierung des Elektronenstromes möglich.

Nach dem Aufbau des Heizfaden-Katoden-Systems unterscheidet man zwischen indirekt und direkt geheizten Katoden. Bei der direkt geheizten Katode ist die die Elektronen emittierende Schicht direkt auf dem Heizfaden aufgetragen. Da hierbei nur geringe Heizleistungen erforderlich sind, arbeiten vor allem Batterieröhren mit direkt geheizten Katoden. Heizkreis und Katodenkreis sind galvanisch miteinander verbunden; es ergeben sich deshalb Schwierigkeiten bezüglich der Brummfreiheit. Da Batterieröhren aber meist aus Gleichstromquellen geheizt werden, spielt dieser Nachteil keine Rolle. Die am Wechselstromnetz betriebenen Elektronenröhren sind fast ausschließlich mit einer indirekt geheizten Katode ausgestattet. Dabei heizt der Heizfaden ein isoliertes Röhrchen, auf dem sich die Katodenschicht befindet. Der Heizkreis und der Katodenkreis sind dadurch galvanisch getrennt. Der Wärmeverlust macht bei den indirekt geheizten Katoden eine größere Heizleistung erforderlich, was aber bei Netzbetrieb keine allzugroße Rolle spielt. Bild 1.9 zeigt die Schaltsymbole für die direkt und die indirekt geheizte Katode.

Das Steuergitter ist als Drahtwendel in geringem Abstand um die Katode angeordnet, damit der Elektronenstrom das Steuergitter passieren kann. Die Anode liegt als Blechzylinder um das Steuergitter und schließt damit das Röhrensystem ab.

Die einfachste Elektronenröhre enthält nur eine geheizte Katode und eine Anode. Man bezeichnet sie als *Diode* oder *Zweipolröhre*. Durch das fehlende Steuergitter kann der auftretende Elektronenstrom nicht gesteuert werden. Da er aber nur in einer Richtung zu fließen vermag, wird diese Zweipolröhre

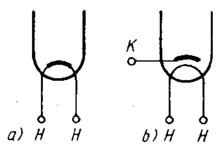



Bild 1.9
Schaltsymbol für die direkt (a) und die indirekt (b) geheizte Katode einer Elektronenröhre

zur Gleichrichtung von Wechselströmen benutzt (Ventilwirkung!). Dioden für größere Spannungen und Ströme sind Netzgleichrichterröhren, die mit 1 oder mit 2 Diodensystemen aufgebaut werden. Kleinere Dioden dienen zur Gleichrichtung einer HF-Spannung, z. B. bei der Demodulation in einem Empfänger. Bild 1.10 zeigt den Vorgang bei der Gleichrichtung einer Wechselspannung. Es wird nur jede 2. Halbwelle durchgelassen. Bei der Zweiweg-Gleichrichtung können infolge des Gegentakt-Aufbaus 2 Halbwellen die Röhren passieren. Der gleichgerichtete Strom muß noch durch Siebglieder geglättet werden, da durch die Gleichrichtung nur ein intermittierender Gleichstrom entsteht.

Wird dem Diodensystem ein *Steuergitter* hinzugefügt, dann entsteht eine *Triode* oder *Dreipolröhre*. Jetzt ist eine Beeinflussung des auftretenden Elektronenstromes möglich. Liegt am Gitter eine negative Spannung, dann wird ein Teil der Elektronen nicht durchgelassen, der Elektronenstrom verringert sich also. Durch die Variation der Gittervorspannung kann man damit den Anodenstrom, der durch den Arbeits- bzw. Anodenwiderstand fließt, steuern. Diesen Vorgang veranschaulicht die Gitterspannungs-Anodenstrom-Kennlinie, wie sie in Bild 1.11 gezeigt wird. Soll eine verzerrungsfreie Verstärkung erfolgen, so muß

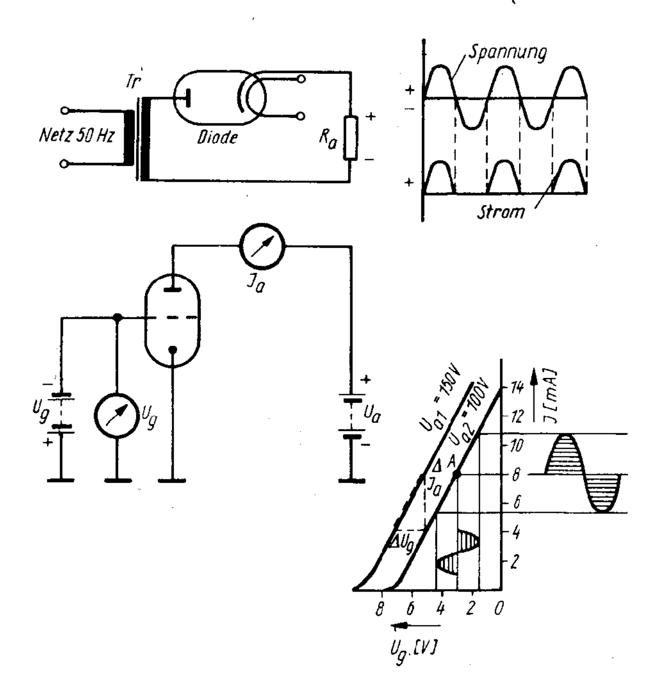



Bild 1.10
Prinzipdarstellung der Wechselstromgleichrichtung, Spannungsverlauf am Transformator, Stromverlauf durch den Verbraucherwiderstand $R_a$

Bild 1.11
Schaltung einer Triode mit negativer Gittervorspannung (links) und Gitterspannungs-Anodenstrom-Kennlinie einer Triode (rechts); die Gittervorspannung ist negativ

der Arbeitspunkt A in der Mitte des geradlinigen Teiles der Kennlinie liegen, z. B. bei $U_a = 100$ V und $U_g = -3$ V bzw. bei $U_a = 150$ V und $U_g = -5$ V (s. Bild 1.11).
Für die Arbeitsweise einer Elektronenröhre sind mehrere Kenngrößen wichtig. Das ist einmal die Steilheit $S$. Sie wird definiert als Verhältnis der Anodenstromänderung zur Gittervorspannungsänderung bei einer konstanten Anodenspannung:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \text{ bei } U_a = \text{konstant};$$

$S$ – Steilheit in mA/V, $\Delta I_a$ – Anodenstromänderung in mA, $\Delta U_g$ – Gittervorspannungsänderung in V, $U_a$ – Anodenspannung in V.

Für Bild 1.11 ergibt sich

$$\Delta U_g = 7\text{ V} - 5\text{ V} = 2\text{ V}$$

und

$$\Delta I_a = 8\text{ mA} - 4\text{ mA} = 4\text{ mA}$$

$$S = \frac{4\text{ mA}}{2\text{ V}} = 2\text{ mA/V}.$$

Eine andere Kenngröße ist der Durchgriff, definiert als

$$D = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_a} \cdot 100 \text{ bei } I_a = \text{konstant};$$

$D$ – Durchgriff in %.
Für Bild 1.11 gilt wieder

$$\Delta U_g = 7\text{ V} - 5\text{ V} = 2\text{ V}$$

und

$$\Delta U_a = U_{a1} - U_{a2} = 150 - 100 = 50\text{ V}$$

$$D = \frac{2\text{ V} \cdot 100}{50\text{ V}} = 4\,\%.$$

Eine weitere Kenngröße ist der Innenwiderstand, der definiert wird zu

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \text{ bei } U_g = \text{konstant}.$$

Entsprechend Bild 1.11 erhält man $R_i$

$$R_i = \frac{50\text{ V}}{4\text{ mA}} = \frac{50}{0{,}004} = 12500\,\Omega = 12{,}5\text{ k}\Omega.$$

Die *Barkhausen*sche Formel besagt, daß das Produkt aller 3 Kenngrößen gleich 1 ist,

$$S \cdot D \cdot R_i = 1.$$

Dadurch besteht die Möglichkeit, eine Kenngröße zu berechnen, wenn die beiden anderen bekannt sind:

$$2\text{ mA/V} \cdot 0{,}04 \cdot 12{,}5\text{ V/mA} = 1$$
$$0{,}08 \cdot 12{,}5 = 1$$
$$1 = 1.$$

Oft gibt man in Berechnungen an Stelle des Durchgriffs $D$ die Verstärkung $\mu$ an:

$$\mu = \frac{1}{D} = S \cdot R_i.$$

Die Verstärkung der Triode ist klein, $\mu$ etwa von 17 bis 100. Außerdem hat die Triode den Nachteil, daß zwischen Steuergitter und Anode eine größere Kapazität auftritt, wodurch sie sich für die HF-Verstärkung nicht gut eignet.
Durch das Einfügen eines weiteren Gitters zwischen Steuergitter und Anode kann man diese Nachteile beseitigen. Dieses Gitter, als *Schirmgitter* bezeichnet, liegt an einer positiven Spannung und schirmt Steuergitter und Katode gegen die Anode ab. Das Resultat ist eine wesentlich kleinere Steuergitter-Anoden-Kapazität und eine sehr große Verstärkung ($\mu$ bis 1000). Man bezeichnet diese Röhre als *Tetrode*. Da bei der Tetrode Sekundärelektronen vorhanden sind, die aus der Anode beim Aufprall der Elektronen heraustreten, fügt man zwischen Schirmgitter und Anode das *Bremsgitter* ein, das auf Katodenpotential gelegt wird. Diese Röhre bezeichnet man als *Pentode*. Sie besteht demnach aus der geheizten Katode, der Anode und den 3 Gittern. Die Pentode kann für alle Verstärkungsaufgaben im Niederfre-

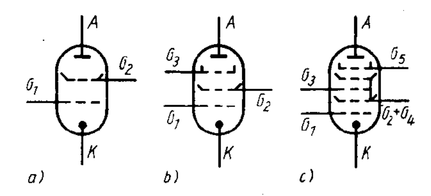



Bild 1.12
Schaltsymbol der Tetrode (a), der Pentode (b), der Heptode (c)

quenzgebiet und im Hochfrequenzgebiet eingesetzt werden.
Für spezielle Aufgaben benötigt man Elektronenröhren mit noch mehr Gittern. Das ist vor allem die *Heptode (Siebenpolröhre)*, die als Mischröhre im Superhetempfänger verwendet wird. Gegenüber der Pentode hat sie ein 2. Steuergitter und ein 2. Schirmgitter. Die beiden zu mischenden Frequenzen werden an je 1 Steuergitter geführt, und im Anodenkreis erhält man dann die Mischfrequenz. Bild 1.12 zeigt die Schaltsymbole einiger Elektronenröhren. Eine weitere spezielle Röhre ist die *Abstimmanzeigeröhre (magisches Auge)*, die als Sendereinstellindikator bei Superhetempfängern oder als Anzeigeindikator bei NF-Anlagen oder bei Meßgeräten dient. Als Mehrfachröhren bezeichnet man solche Elektronenröhren, die mehrere Röhrensysteme in einem gemeinsamen Röhrenglaskolben enthalten. Bekannt sind und viel verwendet werden z. B. die *Doppeltrioden*, die *Triode-Heptode*, die *Triode-Endpentode*, die *Doppeldiode* und die *Dreifachdiode-Triode*.

Anwendung der Diode:

Einweg-Netzgleichrichter, HF-Gleichrichter, Meßgleichrichter.

Anwendung der Doppeldiode:

Zweiweg-Netzgleichrichter, HF-Gleichrichter (z. B. Signalgleichrichtung und Regelgleichspannung), Meßgleichrichter.

Anwendung der Triode:

Niederfrequenzverstärkung mit kleinem Verstärkungsfaktor, Oszillator für NF und HF, HF-Verstärkung über 30 MHz in Gitterbasis- bzw. neutralisierter Katodenbasisschaltung.

Anwendung der Doppeltriode:

NF-Verstärkung, NF- und HF-Oszillatoren, HF-Verstärkung über 30 MHz.

Anwendung der Pentode:

NF- und HF-Verstärkung mit großem Verstärkungsfaktor, Oszillator für NF und HF, Leistungsverstärker für NF und HF.

Anwendung der Heptode:

Mischröhre in Superhetempfängern.

### 1.2.2. Der Transistor

Ein noch sehr junges Bauelement bezüglich seiner Anwendung in der Funktechnik ist der *Transistor*, ein Halbleiterbauelement. Für die Herstellung von Transistoren werden Einkristalle von Germanium oder Silizium benötigt. Vorwiegend stellt man heute Transistoren auf Siliziumgrundlage her. Jeder Flächentransistor besteht aus 3 Schichten, die entweder als p-leitend oder n-leitend bezeichnet werden. Je nach der Anordnung der Schichten unterscheidet man zwischen npn-Transistoren oder pnp-Transistoren. In der DDR werden Transistoren vom Typ pnp und vom Typ npn hergestellt.
Soll der Kristall eine Leitfähigkeit haben, die auf dem Elektronenstrom basiert, dann muß durch eine künstliche Verunreinigung erreicht werden, daß ein überschüssiges Elektron für den Stromtransport zur Verfügung steht. Man erreicht das durch ein Legieren des 4wertigen Germaniums mit einem 5wertigen Element, z. B. Arsen oder Antimon, wobei jeweils ein Elektron übrigbleibt.

Eine derartige Leitfähigkeit nennt man n-*Leitung* (negativ), weil ja ein Elektron eine negative Ladung darstellt. Legiert man dagegen das reine Germanium mit einem 3-wertigen Element, z. B. Indium, so entstehen infolge des Fehlens eines Elektrons *Löcher*. Bisher war nicht bekannt, daß auch diese Löcher zum Stromtransport beitragen. Es tritt eine Wanderung dieser Elektronenleerplätze (Löcher) der Kristallgitteratome auf, wobei die Leitfähigkeit einer p-*Leitung* (positiv) entspricht. Positiv daher, weil die Löcher im Gegensatz zu den Elektronen stehen. Diese Löcher bezeichnet man deshalb als *Defektelektronen*.

Um zu zeigen, welchen Reinheitsgrad das Ausgangsmaterial Germanium haben muß, sei festgestellt, daß das Ausgangsmaterial auf 10 Milliarden Ge-Atome nur ein Fremdatom haben darf, wenn man anschließend definierte Verunreinigungen einlegieren will. Den Legierungsvorgang nennt man *Dotierung*. Durch die Dotierung wird eine wesentlich geringere Leitfähigkeit als bei Metallen erreicht, man sagt deshalb, daß das Material *halbleitend* ist, und reiht die Transistoren in die Kategorie der Halbleiter ein. Das Schaltsymbol für den Transistor zeigt Bild 1.13.

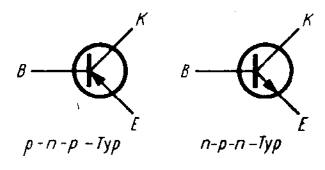



Bild 1.13
Gebräuchliche Schaltsymbole für die beiden Transistorarten

Hat man z. B. in einem Kristallplättchen 2 aufeinanderfolgende Zonen mit verschiedener Leitfähigkeit (Bild 1.14), so entsteht der Gleichrichtereffekt. Je nach dem Potential einer von außen angelegten Spannung fließen Defektelektronen von der p-leitenden Zone zur n-leitenden Zone (bei positivem Potential an p) oder nur ein sehr geringer Reststrom (bei negativem Potential an p). Bei einem Transistor sind 2 solcher Zonenübergänge vorhanden, z. B. p + n + p, wobei die mittlere Zone, die den beiden äußeren gemeinsam ist, als *Basis* (B) bezeichnet wird. Die Basiszone ist so dünn, daß bei entsprechender Vorspannung Defektelektronen von der einen p-Zone durch die n-Zone zur anderen p-Zone wandern können. Bild 1.15 zeigt das Prinzip des Transistoraufbaus. Durch die angelegten Vorspannungen arbeitet der 1. Übergang als Diode in Durchlaßrichtung, der 2. Übergang als Diode in Sperrichtung. Die 1. p-Zone bezeichnet man als *Emitter-Elektrode* (E), die 2. p-Zone als *Kollektor-Elektrode* (K) des Transistors. Der Transistor hat also 3 Elektroden: Emitter, Basis und Kollektor.

Die Transistoren können für die gleichen Aufgaben eingesetzt werden wie die Elektronenröhren, also zur Erzeugung, Gleichrichtung und Verstärkung von Wechselspannungen. Da der Transistor kleiner als eine Elektronenröhre ist und keine Heizleistung benötigt, erweist er sich als vorteilhafter. Auch sind die Betriebsspannungen bei Transistoren bedeutend geringer. So arbeiten die meisten Transistorschaltungen mit Gleichspannungen von etwa 1,5 bis 9 V, die man bequem einer Batterie entnehmen kann. Dadurch läßt sich der Transistor vor allem bei kleinen, tragbaren Geräten verwenden.

Da bei einem Transistor die Steuerung nicht mehr leistungslos erfolgt wie bei der Elektronenröhre, wirkt der Transistor in erster Linie als Leistungsverstärker. Eine wichtige Kenngröße ist die Stromverstärkung $\beta$, die das Verhältnis von Kollektorstromänderung zu Basisstromänderung bei der Emittergrundschaltung darstellt. Von einem guten Transistor verlangt man, daß der Stromverstärkungsfaktor möglichst groß ist, etwa 20 bis 100. Ähnlich wie bei der Elektronen-

röhre unterscheidet man beim Transistor 3 Grundschaltungen: Emitterschaltung, Kollektorschaltung und Basisschaltung (Bild 1.16).

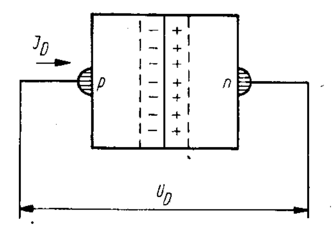
Die meistverwendete Schaltungsart ist die *Emitterschaltung*. Ein sehr kleiner Basisstrom steuert dabei einen um den Stromverstärkungsfaktor größeren Kollektorstrom. Der Eingangswiderstand hat mittlere Werte, der Ausgangswiderstand ist groß, die erreichbare Grenzfrequenz dagegen niedrig. Die Spannungsverstärkung erreicht dadurch große Werte (etwa 10000fach). Die Emitterschaltung wird deshalb dort angewendet, wo man eine hohe Verstärkung benötigt.

Die *Kollektorschaltung* hat den Vorzug eines hohen Eingangswiderstandes. So kann mit einem Stromverstärkungsfaktor von etwa 50 und einem Arbeitswiderstand von 5 kΩ ein Eingangswiderstand von 250 kΩ erreicht werden. Der Ausgangswiderstand ist allerdings niedrig. Die Spannungsverstärkung bleibt kleiner als 1, die Stromverstärkung liegt zwischen 10 und 30. Dadurch erzielt man auch nur eine geringe Leistungsverstärkung. Die Kollektorschaltung wird deshalb z. B. für Impedanzwandler verwendet.

Die *Basisschaltung* hat einen kleinen Eingangswiderstand und einen sehr großen Ausgangswiderstand. Die Spannungsverstärkung liegt zwischen 100 und 500, dagegen ist die Stromverstärkung stets kleiner als 1, wodurch ebenso wie bei der Kollektorschaltung eine niedrige Leistungsverstärkung auftritt.

Gegenüber der Emitterschaltung läßt sich allerdings eine um den Faktor β größere Grenzfrequenz erzielen. Deshalb findet man die Basisschaltung vor allem bei HF-Schaltungen.

Ein neueres Halbleiterbauelement ist der *Feldeffekttransistor (FET)*, der sich mit seiner Arbeitsweise weitgehend den Eigenschaften von Elektronenröhren (Pentoden)



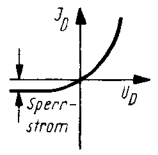




Bild 1.14
Gleichrichtereffekt an 2 aufeinanderfolgenden Zonen verschiedener Leitfähigkeit

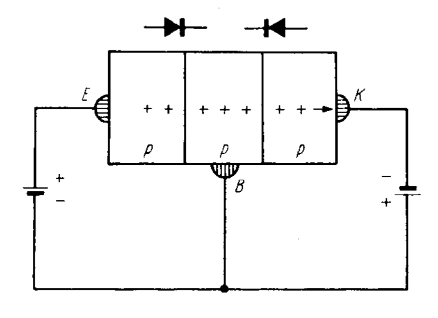
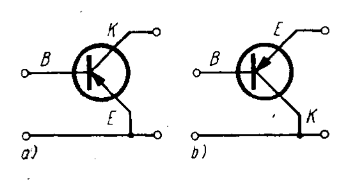



Bild 1.15
Prinzipieller Aufbau eines pnp-Transistors



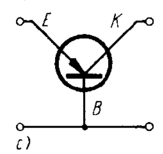




Bild 1.16
Die 3 Grundschaltungen des Transistors; (a) Emitterschaltung, (b) Kollektorschaltung, (c) Basisschaltung

annähert. Das besondere Merkmal ist der sehr hochohmige Eingangswiderstand, so daß im Gegensatz zu den üblichen bipolaren Transistoren eine fast leistungslose Steuerung erfolgen kann. Man unterscheidet den *Sperrschicht-Feldeffekttransistor* und den *MOSFET* (**M***etal* **O***xid* **S***emiconductor* **F***ield* **E***ffect* **T***ransistor*). Ein besonderes Problem beim MOSFET liegt in der Empfindlichkeit der Gate-Elektrode gegen elektrostatische Aufladung. Die entstehenden großen Feldstärken können die außerordentlich dünne Oxidschicht leicht zerstören. MOSFET werden daher vom Hersteller mit kurzgeschlossenen Anschlüssen geliefert. Diesen Kurzschluß sollte man erst nach dem Einbau in die Schaltung entfernen. Als Schutzschaltung werden an einem MOSFET-Eingang antiparallelgeschaltete Siliziumdioden empfohlen. Bild 1.17a zeigt den Aufbau eines MOSFET und die Schaltzeichen für Feldeffekttransistoren. In der DDR werden MOSFET vom n-Kanal-Verarmungstyp produziert.

Transistoren für höhere Frequenzen werden nach anderen Technologien hergestellt. Dazu zählen die Drifttransistoren, die Mesatransistoren, die Diffusions- und Epitaxietransistoren sowie die Planartransistoren. Mit diesen Transistoren weitet sich der Anwendungsbereich der Transistoren bis in das UHF-Gebiet aus. Den an den Grundlagen der Transistortechnik interessierten Lesern sei das Buch von *H.-J. Fischer*, »Transistortechnik für den Funkamateur«, empfohlen.

Welche Transistoren werden in der DDR hergestellt, und wofür kann man sie verwenden? Mit Beginn des Jahres 1961 hat man die Fertigung von Transistoren in der flachen, rechteckigen Bauform eingestellt und fertigt nur noch Transistoren in runder Bauform. Die Transistoren in runder Bauform haben eine größere Verlustleistung und ersetzen die bisherigen Transistoren

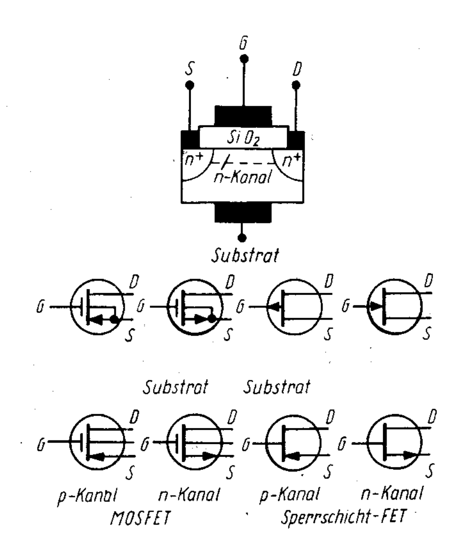
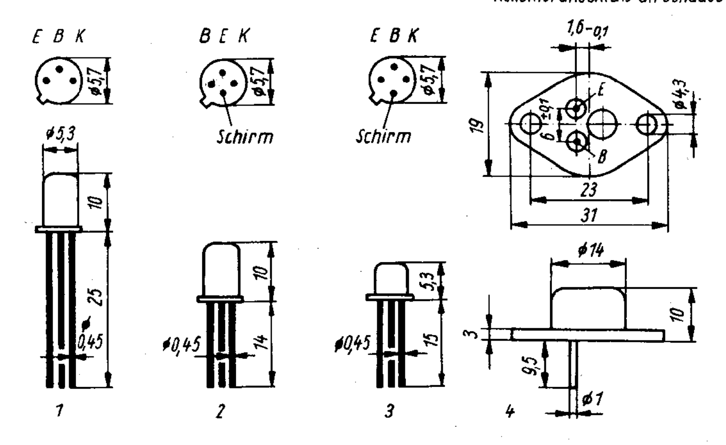



Bild 1.17a
Prinzipaufbau des MOSFET (oben) und Schaltzeichen für Feldeffekttransistoren (unten); G – Gate, D – Drain, S – Source

vollwertig. Dazugekommen sind plastverkappte Si-Transistoren. Transistoren für den NF-Bereich werden bis zu Leistungen von 10 W hergestellt. Im HF-Bereich sind Transistoren bis zu einer Grenzfrequenz von etwa 860 MHz handelsüblich. Im Tabellenanhang dieses Buches sind die wichtigsten Werte der handelsüblichen Transistoren der DDR-Fertigung aufgeführt. Bild 1.17b zeigt die Bauformen der DDR-Transistoren und ihre Anschlüsse.

Neben den listenmäßig gefertigten Transistoren werden auch Transistoren für den Bedarf des Funkamateurs und des Radiobastlers geliefert. Es handelt sich dabei um Transistoren, deren Kennwerte außerhalb der geforderten Toleranzen liegen. Für viele Anwendungszwecke des Amateurs sind diese Transistoren durchaus brauchbar, die dazu mit herabgesetztem Preis verkauft werden. Im Tabellenanhang findet man die Daten dieser Basteltransistoren.



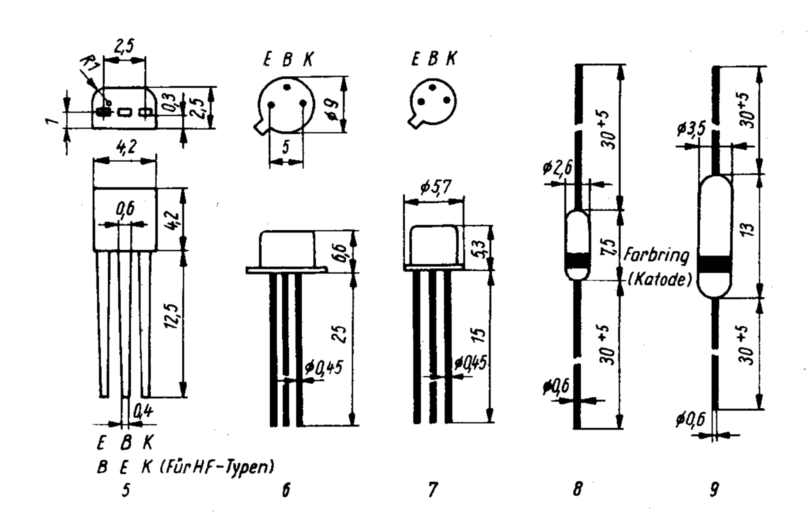
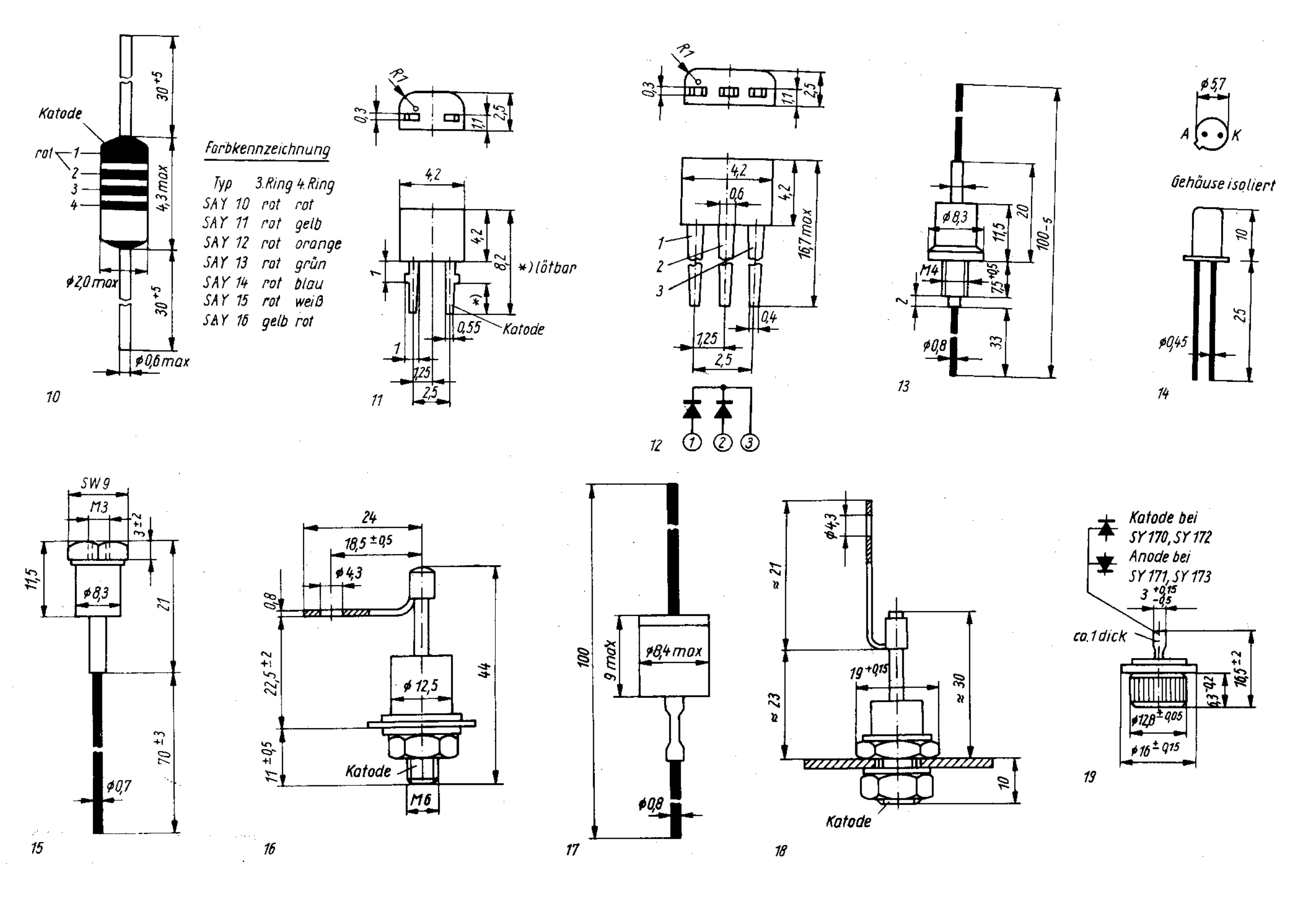




Bild 1.17 b
Halbleiter-Bauformen der DDR-Industrie
Transistoren 1 – *GC 100/301*, *GF 100/105*, *GS 109/122*; 2 – *GF 120/181*; 3 – *GF 145/147*; 4 – *GD 100/244*; 5 – *SC 206/207*, *SF 215/245*, *SS 200/219*; 6 – *SF 021/129*, *SF 150*, *SS 120/126*; 7 – *SF 131/137*, *SS 106/109*.
Dioden 8 – Ge-Universal- und -Schaltdioden; 9 – Si-Kapazitätsdioden und Si-Z-Dioden; 10 – Si-Schaltdioden; 11 – *SAY 40/42*; 12 – *SAY 60/62*; 13 – Si-Leistungs-Z-Dioden; 14 – Ge-Gleichrichterdioden 0,1 A; 15 – Ge-Gleichrichterdioden 1,0 A; 16 – Ge-Gleichrichterdioden 10,0 A; 17 – Si-Gleichrichterdioden 0,7 A; 18 – Si-Gleichrichterdioden 8,5 A; 19 – Si-Kfz.-Gleichrichterdioden 25 A




Farbkennzeichnung

| Typ | 3. Ring | 4. Ring |
|---|---|---|
| SAY 10 | rot | rot |
| SAY 11 | rot | gelb |
| SAY 12 | rot | orange |
| SAY 13 | rot | grün |
| SAY 14 | rot | blau |
| SAY 15 | rot | weiß |
| SAY 16 | gelb | rot |

### 1.2.3. Der Geradeausempfänger

Die Industrie fertigt heute keine Geradeausempfänger mehr; aber den Radiobastler interessiert diese Schaltung noch, weil sie einfach im Aufbau ist und einen befriedigenden Rundfunkempfang ermöglicht. Der Anfänger kann sich beim Aufbau dieser Schaltung die ersten Sporen verdienen und lernt die Zusammenhänge kennen. Der einfache Geradeausempfänger besteht aus einer Audionstufe und einer Niederfrequenz-Endstufe. Bild 1.18 zeigt den prinzipiellen Stromlaufplan eines derartigen Einkreisers. Die Audionstufe hat dabei die Aufgabe, die der Senderwelle aufmodulierte Niederfrequenz zurückzugewinnen und damit den NF-Endverstärker auszusteuern. Die Antenne wird meist induktiv an den Audionschwingkreis angekoppelt ($L_a$). Der Schwingkreis besteht aus der Spule $L_g$ und dem Drehkondensator $C$, mit dem sich der Schwingkreis abstimmen läßt. Damit der Schwingkreis gleichstrommäßig vom Steuergitter der Audionröhre getrennt ist, erfolgt eine Ankopplung über den Kondensator $C_g$. Fehlte dieser, dann käme infolge von Kurzschluß des Gitterableitwiderstandes über die Spule $L_g$ kein Gleichrichtereffekt zustande. Die Gleichrichtung erfolgt an der Gitter-Katoden-Strecke. An der Anode wird die verstärkte Niederfrequenz über ein $RC$-Siebglied ($C_1$, $R_2$, $C_2$) entnommen und der Endröhre zugeführt.

Um die Empfindlichkeit des Audions zu steigern, verwendet man meist eine Rückkopplung. Dazu führt man die an der Anode auftretenden HF-Reste über den Drehkondensator $C_r$ und die Spule $L_r$ an den Audionschwingkreis gleichphasig zurück. Dadurch wird der Schwingkreis entdämpft, und man erhält eine wesentlich höhere NF-Spannung. Die Rückkopplung kann durch den Drehkondensator $C_r$ geregelt und bis knapp unterhalb der Selbsterregung eingestellt werden, wobei sich maximale Ergebnisse erzielen lassen. Ist die Rückkopplung sehr handempfindlich, dann sollte man den Drehkondensator in die masseseitige Zuleitung der Spule $L_r$ schalten. Dabei braucht man auch den Rotor des Rückkopplungs-Drehkondensators nicht zu isolieren. Eine andere Rückkopplungsmöglichkeit ergibt sich, indem man mit einem Potentiometer die Schirmgitterspannung der Audionröhre verändert. $C_r$ ist dann ein Festkondensator. Diese Schaltungsart wird gern bei KW-Empfängern angewendet.

Eine weitere Steigerung der Empfindlichkeit und der Trennschärfe ist möglich, wenn man vor das Audion eine ebenfalls abstimmbare HF-Stufe setzt. Damit erhalten wir einen 2-Kreisempfänger. Da beide Schwingkreise auf der gleichen Frequenz arbeiten, sind besondere Abschirmmaßnahmen gegen eine ungewollte Selbsterregung erforderlich. Die Abstimmung der beiden Schwingkreise wird mit einem 2fach-Drehkondensator vor-

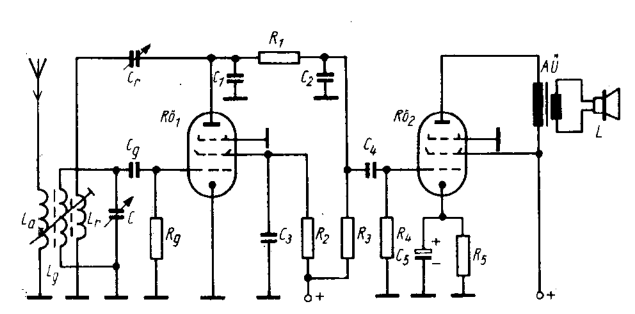



Bild 1.18
Prinzipstromlaufplan eines 1-Kreis-Empfängers

genommen. Für die Audionstufe und die HF-Stufe benutzt man moderne Miniaturröhren, wie *EF 80*, *EF 85* oder *EF 89*. Als Endröhre wird meist die Röhre *EL 84*, bei kleineren Leistungen die Röhre *EL 95* verwendet. Will man den NF-Verstärker qualitativ besser gestalten, so stehen Verbundröhren, wie *ECL 81* oder *ECL 82*, zur Verfügung, durch die sich ein 2stufiger NF-Verstärker auf einfache Weise verwirklichen läßt.

Geradeausempfänger werden für die Wellenbereiche Kurz – Mittel – Lang gebaut und verwendet. Vor allem als Kurzwellenempfänger erfreut sich der Geradeausempfänger bei den KW-Höramateuren großer Beliebtheit. Eine Anwendung des Geradeausempfängers im UKW-Bereich hat keinen Sinn, weil dafür die Empfindlichkeit nicht ausreicht. Außerdem würden Störungen in den Fernsehempfangsbereichen auftreten, die den Fernsehempfang in der Nachbarschaft beeinträchtigen. Für den Anfänger im Radiobasteln ist der Selbstbau eines Einkreisers auf jeden Fall zu empfehlen, da das wesentlich zur Aneignung praktischer Erfahrungen beiträgt. In einem weiteren Teil dieses Buches sind deshalb einige Bauanleitungen und Schaltungsvorschläge enthalten.

In gleicher Weise arbeitet die mit einem HF-Transistor bestückte Audionstufe. Bild 1.19 zeigt ein Schaltungsbeispiel. $L_1$ und $C_2$ bilden den Schwingkreis, der auf die Empfangsfrequenz abgestimmt wird. Da der Transistor einen niederohmigen Eingangswiderstand aufweist, liegt die Basiselektrode über die Koppelspule $L_2$ (nur wenige Windungen) am Schwingkreis. Am Kollektorwiderstand $R_2$ steht die NF-Spannung des empfangenen Senders zur Verfügung. Die HF-Gleichrichtung erfolgt zwischen Basis und Emitter des Transistors. Die Rückkopplung wird durch den Trimmerkondensator $C_4$ erreicht, der vom Kollektor zurück zum

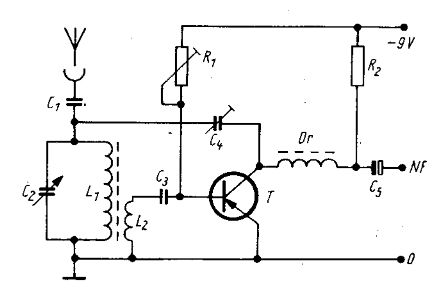



Bild 1.19
Prinzipstromlaufplan eines Transistoraudions

Schwingkreis führt. Die HF-Drossel Dr unterstüzt einen sauberen Rückkopplungseinsatz. Über einen Kondensator geringer Kapazität ($C_1$) kann eine Außenantenne angeschlossen werden. Für den Empfang nahegelegener Sender genügt aber meist die Antennenwirkung des Ferritstabes, auf dem man die Spulen $L_1$ und $L_2$ anbringt. Der Arbeitspunkt des HF-Transistors wird mit dem Trimmwiderstand $R_1$ eingestellt. Der Kondensator $C_3$ ist erforderlich, damit die Basiselektrode über $L_2$ gleichstrommäßig nicht an Masse gelegt wird.

Transistorschaltungen sind verhältnismäßig niederohmig. Dadurch ist es auf einfache Weise möglich, 2 Frequenzen gleichzeitig zu verstärken; sie müssen nur genügend weit auseinanderliegen. Für eine HF-Spannung und eine NF-Spannung trifft das zu. Solche Schaltungen, bei denen 2 Spannungen verschiedener Frequenz gleichzeitig verstärkt werden, bezeichnet man als *Reflexschaltungen*. Bei einer Empfangsschaltung verstärkt man mit dem Transistor erst die empfangene HF-Spannung, die dann mit einer Germaniumdiode demoduliert wird. Die dadurch erhaltene NF-Spannung führt man zur Basiselektrode des gleichen Transistors zurück und verstärkt sie ebenfalls. Durch die Anwendung des Reflexprinzips

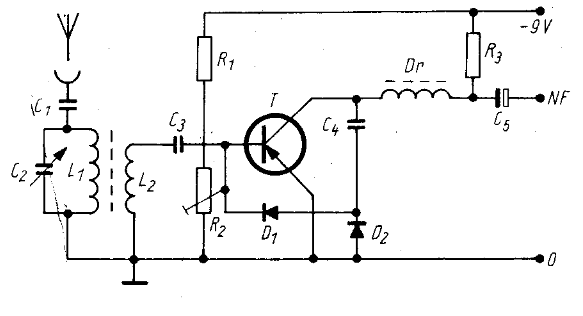



Bild 1.20
Prinzipstromlaufplan eines transistorisierten Reflexempfängers

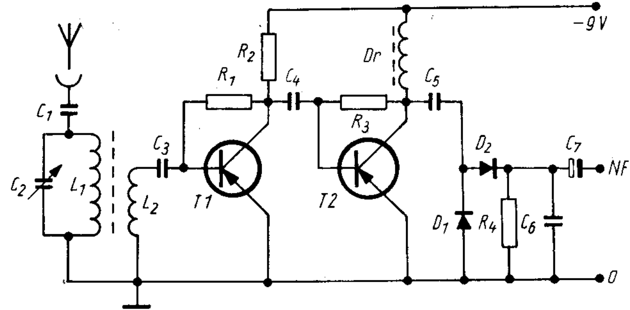



Bild 1.21
Prinzipstromlaufplan eines transistorisierten Geradeausempfängers (HF-Teil)

kann man also im nachfolgenden NF-Verstärker eine Transistorverstärkerstufe einsparen. Bild 1.20 zeigt eine Reflexschaltung. Wie bei der Audionschaltung arbeitet der Transistor in Emitter-Grundschaltung. Die vom Schwingkreis aufgenommene HF-Spannung wird über die Wicklung $L_2$ und den Kondensator $C_3$ an die Basiselektrode des HF-Transistors geführt. Von der Kollektorelektrode gelangt über den Kondensator $C_4$ die HF-Spannung an die beiden Germaniumdioden, mit denen die HF-Demodulation erfolgt. Die erhaltene NF-Spannung wird an die Basiselektrode des HF-Transistors zurückgeführt und ebenfalls verstärkt. Die verstärkte NF-Spannung passiert die HF-Drossel und wird über den Kondensator $C_5$ an den nachfolgenden NF-Verstärker gekoppelt. Den Arbeitspunkt des HF-Transistors stellt man mit dem Trimmwiderstand $R_2$ ein.

Audionstufe und vor allem Reflexschaltung sind mitunter für einen Anfänger zu kompliziert. Wesentlich einfacher in Betrieb nehmen lassen sich Schaltungen, wie eine in Bild 1.21 vorgestellt wird. Die Schaltung besteht aus einem 2stufigen HF-Verstärker und nachfolgender Diodendemodulation. Die beiden Transistorstufen des HF-Verstärkers sind *RC*-gekoppelt, die Arbeitspunkte werden mittels der Widerstände $R_1$ bzw. $R_3$ eingestellt.

### 1.2.4. Der Superhetempfänger

Infolge Überbelastung mit Rundfunksendern in den einzelnen Wellenbereichen müssen heute an einen Rundfunkempfänger hohe Anforderungen gestellt werden. Einmal muß eine genügend große Empfindlichkeit vorhanden sein, um den Empfang z. B. weit entfernter Amateurstationen zu ermöglichen, zum anderen eine große Trennschärfe, damit man sich eine Station aus dem dichtbesetzten Band herausfischen kann. Eine Erhöhung von Trennschärfe und Empfindlichkeit erreicht man durch mehr Röhren und Schwingkreise. Um also bei dem Geradeausempfänger brauchbare Ergebnisse zu erzielen, müßte man mehrere HF-Stufen vor der Audionstufe anwenden. Doch da ergeben sich Schwierigkeiten. Beim Geradeausempfänger hat zwischen allen Schwingkreisen Gleichlauf zu herrschen. Das erreicht man aber mit den bescheidenen Mitteln des Amateurs nur ungenügend. Außerdem läßt es sich trotz sorgfältigen Aufbaus nicht vermeiden, daß die Röhrenstufen ins Schwingen geraten. Eine weitere Leistungssteigerung ermöglicht daher nur das Überlagerungsprinzip.

Wenn man Schwingungen überlagert, so entstehen aus der Summe oder Differenz zwei neue Schwingungen. Wir haben z. B. die Schwingung $f_1 = 3968$ kHz und $f_2 = 3500$ kHz. Bei der Überlagerung entstehen die Schwingungen

$$f_3 = f_1 + f_2 = 3968 + 3500 = 7468 \text{ kHz}$$

und

$$f_4 = f_1 - f_2 = 3968 - 3500 = 468 \text{ kHz} .$$

Diese Erkenntnis wendet man beim Überlagerungsempfang an. Im Empfangsgerät wird mit einem Oszillator eine Frequenz $f_o$ erzeugt. Diese überlagert man mit der Eingangsfrequenz $f_e$ in einer Mischröhre. Die dabei entstehende Differenzfrequenz $f_z$ bezeichnet man als die *Zwischenfrequenz*. Als Größe der Zwischenfrequenz wurde die Frequenz von 468 kHz festgelegt. Nun kann bei einer festliegenden Zwischenfrequenz die Oszillatorfrequenz unterhalb oder oberhalb der Eingangsfrequenz liegen. Wir merken uns den Grundsatz, daß die Oszillatorfrequenz immer höher als die Eingangsfrequenz liegt.

Der große Vorteil der Umwandlung der Eingangsfrequenz in eine Zwischenfrequenz ist der Gewinn an Trennschärfe. Dieser Gewinn wird um so größer, je mehr Abstand zwischen Eingangsfrequenz und Zwischenfrequenz besteht. Arbeitet z. B. ein Sender auf der Frequenz 900 kHz und ein anderer auf der Frequenz 909 kHz, so ist der Frequenzabstand 9 kHz, also 1%. Bei der Umwandlung der Eingangsfrequenz auf eine ZF von 450 kHz liegt der eine Sender bei 450 kHz, der andere bei 459 kHz. Der Frequenzabstand beträgt in diesem Fall schon 2%. Wählen wir eine ZF von 90 kHz, so liegt der eine Sender bei 90 kHz und der andere bei 99 kHz. Damit ergibt sich ein Frequenzabstand von 10%. Ein anderer Vorteil ist der einfache Aufbau des ZF-Verstärkers, da alle Schwingkreise auf eine feste Frequenz abgestimmt sind.

Bild 1.22 zeigt den Übersichtsschaltplan für einen Superhetempfänger. Von der Antenne gelangt die HF über den Eingangskreis an das erste Steuergitter der Mischröhre. Als Mischröhre wird meist eine Sechspolröhre verwendet, die zusammen mit einem Triodensystem in einem Glaskolben untergebracht ist *(ECH 81)*. Das Triodensystem dient zur Erzeugung der Oszillatorfrequenz. Aus Bild 1.22 ersehen wir, daß der Eingangskreis den Bereich von 3500 bis 3800 kHz bestreicht. Damit wir bei jeder Eingangsfrequenz eine ZF von 468 kHz erhalten, hat die Oszillatorfrequenz für jede Eingangsfrequenz um 468 kHz höher zu liegen als diese. Der Oszillatorkreis muß daher den Bereich von 3968 bis 4268 kHz bestreichen.

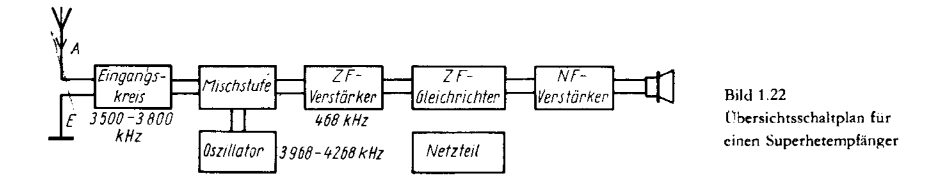



Bild 1.22
Übersichtsschaltplan für einen Superhetempfänger

Da wir eine Einknopfabstimmung haben wollen, sitzen Eingangs- und Oszillatordrehkondensator auf einer Achse. Um zwischen den Frequenzen Gleichlauf zu erhalten, hat der Oszillatordrehkondensator ein kleineres Plattenpaket, oder er wird durch Parallel- und Serienkondensator elektrisch verkürzt.
Die Mischröhre hat 2 Steuergitter. Bekanntlich dient das Steuergitter einer Elektronenröhre zur Steuerung des Elektronenstromes. Bei der Sechspolröhre wird der Elektronenstrom durch 2 Steuergitter beeinflußt. Am 1. Steuergitter liegt die Eingangsfrequenz 3500 kHz, am 2. Steuergitter die Oszillatorfrequenz 3968 kHz. An der Anode der Mischröhre sind dann die Überlagerungsfrequenzen 468 kHz und 7468 kHz vorhanden. Da wir die Differenzfrequenz 468 kHz als ZF benutzen, ist der Anodenkreis auf diese Frequenz abgestimmt. Die Summenfrequenz hat hiervon genügend Abstand und bleibt daher unwirksam.
Der ZF-Verstärker ist ein auf die ZF abgestimmter HF-Verstärker. Als Abstimmkreise werden meist Bandfilter benutzt. Das sind induktiv oder kapazitiv gekoppelte Schwingkreise. An Hand des Kopplungsgrades dieser Bandfilter läßt sich die Durchlaßbandbreite des ZF-Verstärkers einstellen. Je nach Forderung an Trennschärfe und Empfindlichkeit führt man den ZF-Verstärker 1- oder mehrstufig aus. Zur weiteren Erhöhung der Trennschärfe bei Empfang von Telegrafiezeichen kann man ein Quarzfilter in den ZF-Verstärker einbauen.
Bei Wahl der Zwischenfrequenzgröße sind mehrere Punkte zu beachten. Eine zu kleine ZF empfiehlt sich nicht wegen der dann auftretenden ungünstigen Spiegelfrequenzverhältnisse. Die *Spiegelfrequenz* stellt die unangenehmste Störung beim Superhet dar. Es wurde bereits gesagt, daß die Oszillatorfrequenz um die ZF höher liegt als die Empfangsfrequenz. Die Spiegelfrequenz liegt dann spiegelbildlich zur Oszillatorfrequenz, also um die ZF höher als diese. Benutzen wir eine ZF von 100 kHz, so ergibt sich bei einer Empfangsfrequenz von 500 kHz die Oszillatorfrequenz mit 600 kHz, die Spiegelfrequenz mit 700 kHz. Sie ist also um die doppelte Größe der ZF von der Empfangsfrequenz entfernt. Gelangen beide Frequenzen (500 kHz und 700 kHz) bei nicht genügender Vorselektion bis zur Mischstufe, so bildet sich unter dem Einfluß der Oszillatorfrequenz von 600 kHz aus beiden Frequenzen die ZF von 100 kHz. Liegt nun in der Nähe der Spiegelfrequenz ein Sender, dann entsteht bei der Abstimmung des Empfängers das bekannte Einpfeifen. Abhilfe schafft nur eine genügend große Vorselektion, die mit erheblichem Mehraufwand verbunden ist.
Deshalb legt man für die Größe der ZF eine Frequenz zwischen 460 und 470 kHz fest. Die Spiegelfrequenz liegt dann außerhalb des Empfangsbereiches. Nur im Kurzwellenbereich können nun noch Störungen durch die Spiegelfrequenz entstehen. Für den Kleinsuper wählt man eine noch größere ZF, z. B. 1600 kHz. Die Spiegelfrequenz liegt jetzt so weit ab, daß man das Einbereich-Superhet-Prinzip anwenden kann. Die Stationsauswahl erfolgt prinzi-

piell durch die Oszillatorfrequenz. Deshalb kann bei dieser hohen ZF auf einen abstimmbaren Eingangskreis verzichtet werden. Es genügt ein für den zu empfangenden Frequenzbereich abgestimmtes Eingangsfilter. Bei hoher ZF müssen allerdings geringere Verstärkung und Trennschärfe in Kauf genommen werden.

Der ZF-Verstärker hat folgende Aufgaben zu erfüllen. Einmal soll die Verstärkung so groß sein, daß die Demodulationsstufe richtig ausgesteuert wird; zum anderen muß die der ZF aufmodulierte Modulationsfrequenz nahezu gleichmäßig verstärkt werden. Dieser Aufgabe würde eine rechteckige Durchlaßkurve des ZF-Verstärkers entsprechen. Innerhalb der Bandbreite dieser rechteckigen Durchlaßkurve ergibt sich eine gleichmäßige Verstärkung, während sie außerhalb dieser gleich Null ist. Diese rechteckige Kurve läßt sich aber nur annähernd erreichen. Verwendet man Einzelkreise zur Kopplung im ZF-Verstärker, so müssen diese auf verschiedene Frequenzen abgestimmt werden, wenn man eine genügende Bandbreite und Flankensteilheit erzielen will. Vorteilhafter ist die Anwendung gekoppelter Schwingkreise, sogenannter *Bandfilter*. Mit ihnen läßt sich eine Annäherung an die ideale Rechteckkurve erreichen. Die Bandfilter sind meist auf die Frequenz 468 kHz abgestimmt. Im Handel bekommt man sie in mehreren Ausführungen. Meist werden induktiv gekoppelte Bandfilter verwendet. Sind die Bandfilter lose gekoppelt, so ähnelt die Durchlaßkurve der eines Einzelkreises. Mit zunehmender Kopplung tritt an einem Punkt die kritische oder Grenzkopplung auf. Die Durchlaßkurve hat dann die erwünschte Bandbreite und eine große Flankensteilheit. Mit fester werdender Kopplung wird die Bandbreite größer, und es treten Höcker auf. Die handelsüblichen Bandfilter haben Kondensatoren mit festem Wert, während die Spulenwerte mittels Abgleichkern veränderbar sind. Beim Abgleichen des ZF-Verstärkers werden diese Abgleichkerne zur Abstimmung benutzt.

Der ZF-Verstärker läßt sich mit weiteren Feinheiten ausrüsten. Für die Empfangsbeurteilung kann man ein S-Meter oder ein magisches Auge einbauen. Zum Empfang von Telegrafiezeichen wird der ZF-Verstärker mit einem Quarzfilter ausgerüstet. Damit läßt sich eine extreme Trennschärfe bei Telegrafieempfang erreichen. Da viele Amateure die *Schmalband-Frequenzmodulation (NFM)* benutzen, wird man – um optimale Ergebnisse zu erzielen – den ZF-Verstärker mit einem aus der UKW-Technik bekannten Diskriminator versehen. Der Einbau einer der bekannten Störbegrenzungsschaltungen reduziert die Störgeräusche auf ein Minimum.

Die Demodulation, also die Trennung von HF-Träger und Modulationsfrequenz, kann durch die bekannten Demodulationsschaltungen erfolgen: entweder durch die Gittergleichrichtung (Audion), die Anodengleichrichtung oder die Diodengleichrichtung. Da durch die große Verstärkung der Superhetschaltung am Ausgang des ZF-Verstärkers eine große ZF-Spannung zur Verfügung steht, verwendet man zur Gleichrichtung meist die Diodenschaltung. Man benutzt eine Doppeldiode, deren eine Diodenstrecke die ZF gleichrichtet, während die andere Diodenstrecke zur Erzeugung der Schwundregelspannung herangezogen wird (automatische Verstärkungsregelung). Da im Telegrafieverkehr die Amateursender meist unmodulierte Zeichen aussenden, würde bei der Gleichrichtung der ZF keine Niederfrequenzspannung zur Verfügung stehen. Man überlagert deshalb die ZF vor der Demodulation mit einer Hilfsfrequenz, die gegenüber der ZF um etwa 800 bis 1000 Hz entfernt ist. Diese Hilfsfrequenz wird in einer besonderen Röhre erzeugt. Man bezeichnet diese Stufe als ZF-Überlagerungs-

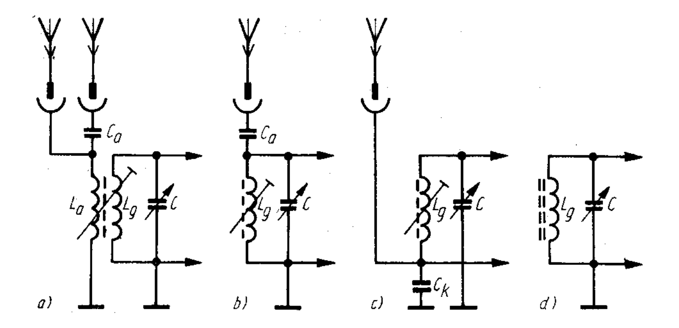



Bild 1.23 Ankopplungsmöglichkeiten der Antenne an den Empfängereingang

stufe. Die Ankopplung an die ZF kann induktiv oder kapazitiv erfolgen. Der ZF-Überlagerer wird selbstverständlich abschaltbar ausgeführt, da er bei Empfang modulierter Telegrafie oder bei Telefonieempfang stören würde. An den ZF-Gleichrichter schließt sich der Niederfrequenzverstärker an. Ein Netzteil versorgt alle Stufen des Superhetempfängers mit den notwendigen Betriebsspannungen. Durch die Mehrdeutigkeit des Mischvorgangs entstehen Störungen. Diese ergeben mehr oder weniger stark ausgeprägte Pfeifstellen. Die Ursachen dafür sind folgende:

a) Spiegelfrequenz,
b) Sender auf der ZF,
c) Oberwellen von Sendern,
d) Oberwellen des Oszillators,
e) Oberwellenbildung in der Mischstufe.

Wenden wir uns nun einigen Schaltungsfragen zu. Bild 1.23 zeigt mehrere Ankopplungsmöglichkeiten für die Antenne an den Superhetempfänger. Meist angewendet wird die *induktive* Antennenankopplung (a), bei der die Schwingkreisspule eine Antennen- und eine Gitterwicklung hat. Je nach Größe der Antennenspule spricht man von einer *niederinduktiven* und einer *hochinduktiven* Ankopplung. Bei der niederinduktiven Antennenspule liegt bei einer gedachten Parallelkapazität von etwa 200 pF die Resonanzfrequenz oberhalb des Empfangsbereiches. Außerdem ergibt sich durch die größere Windungszahl der Gitterspule eine Transformation der Antennenspannung. Allerdings ist diese Schaltungsart stark frequenzabhängig. Die niederinduktive Ankopplung wird deshalb vor allem im Kurzwellenbereich angewendet. Bei Mittel- und Langwellen benutzt man heute vorwiegend die hochinduktive Antennenankopplung, wobei die Resonanzfrequenz unterhalb des Empfangsbereiches liegt. Verwendet man eine längere Antenne, so kann diese durch eine Kapazität $C_a$ verkürzt werden. Der Kondensator hat eine Größe von 50 bis 500 pF.

Bei der kapazitiven Antennenankopplung (b) entfällt zwar die Antennenspule, aber die Frequenzabhängigkeit und die Beeinflussung des Schwingkreises sind groß. Deshalb wird diese Ankopplungsart nur selten angewendet. Der Kondensator muß sehr klein sein (5 bis 20 pF), damit die Trennschärfe sich nicht verschlechtert. Bild 1.23c zeigt die kapazitive Stromkopplung, die man wegen ihrer Einfachheit gern bei Kleinsupern benutzt. Der Kondensator $C_k$ hat dabei eine Größe von etwa 5 nF. Um eine Brummodulation zu vermeiden, schaltet man diesem Kondensator meist einen Widerstand von einigen Kiloohm parallel. Bild 1.23d zeigt die Schaltung einer Ferritantenne, wie sie

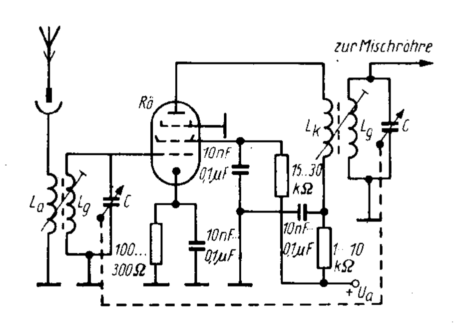



Bild 1.24
Hochfrequenzvorstufe für einen Superhetempfänger

vor allem bei tragbaren Geräten angewendet wird.

Soll die Trennschärfe und die Empfindlichkeit eines Superhetempfängers verbessert werden, so empfiehlt es sich, vor die Mischröhre eine HF-Vorstufe zu schalten. Bild 1.24 zeigt eine dafür geeignete Schaltung. Da Eingangskreis, Zwischenkreis und Oszillatorkreis abgestimmt werden müssen, ist bei Anwendung einer HF-Vorstufe ein 3-fachdrehkondensator erforderlich. In der HF-Stufe können als geeignete Elektronenröhren die *EF 80*, *EF 85* oder *EF 89* benutzt werden. Soll die Empfindlichkeit regelbar sein, dann ist das Einschalten eines Potentiometers im Katodenkreis zu empfehlen. Die Ankopplung an den Gitterkreis der Mischröhre (Zwischenkreis) geschieht induktiv durch die Koppelspule $L_k$. Die Ankopplung kann auch kapazitiv mit maximal 20 pF erfolgen, wobei die Spule $L_k$ entfällt. An Stelle der Kopplungsspule läßt sich auch eine entsprechende HF-Drossel oder ein ohmscher Widerstand als Arbeitswiderstand einsetzen.

Beim modernen Superhet wird meist die multiplikative Mischung benutzt. Bild 1.25 zeigt die entsprechende Schaltung mit dem zugehörigen Oszillator. Die Eingangsfrequenz $f_e$ und die Oszillatorfrequenz $f_o$ werden dabei getrennt den beiden Steuergittern des Heptodenteils zugeführt. An der Anode wird die entstehende Zwischenfrequenz über ein ZF-Bandfilter ausgesiebt, um dann zum ZF-Verstärker zu gelangen. Die Oszillatorfrequenz erzeugt meist eine induktive Rückkopplungsschaltung. Am 1. Steuergitter kann die vom Demodulator kommende Schwundregelspannung zur automatischen Lautstärkeregelung zugeführt werden. Dabei muß man den Schwingkreis kapazitiv vom Steuergitter trennen, damit nicht die Regelspannung über die Schwingkreisspule kurzgeschlossen wird. Eine ZF-Verstärkerstufe zeigt Bild 1.26. Im Gitter- und im Anodenkreis befindet sich jeweils 1 ZF-Bandfilter. Soll die Röhre geregelt werden, so legt man an das Steuergitter eine Regelspannung. Die Schirmgitter- und die Anodenspannung wird über Vorwiderstände zugeführt. Dabei ist auf eine ausreichende Siebung zu achten. Als Röhren eignen sich die HF-Pentoden der *80*er-Serie. Die Gleichrichtung des ZF-Signals erfolgt beim Superhet in einer Diodenschaltung, da eine genügend große Spannung zur Verfügung steht. Nur bei Kleinsupern findet man manchmal zur Gleichrichtung die Audionschaltung. Da man in kombinierten AM/FM-Empfängern für die AM-Gleichrichtung nur ein Diodensystem zur Verfügung hat, zeigt Bild 1.27 eine geeignete Demodulationsschaltung. Dabei wird sowohl die NF-Spannung als auch die Schwundregelspannung gewonnen. Schwingkreis, Diodensystem und Belastungswiderstand $R_B$ sind in diesem Fall in Serie geschaltet. Der Ladekondensator $C_L$ beseitigt die restliche HF aus der NF-Spannung. Die sich am Belastungswiderstand aufbauende Richtspannung wird durch eine Siebkette ($R_1$-$C_1$) von der Modulation befreit und gelangt als Gleichspannung (Regelspannung) zu den Vorröhren. Die Größe der Richtspannung ist abhängig von der Eingangsspannung des Empfängers. Geht z. B. durch Schwunder-

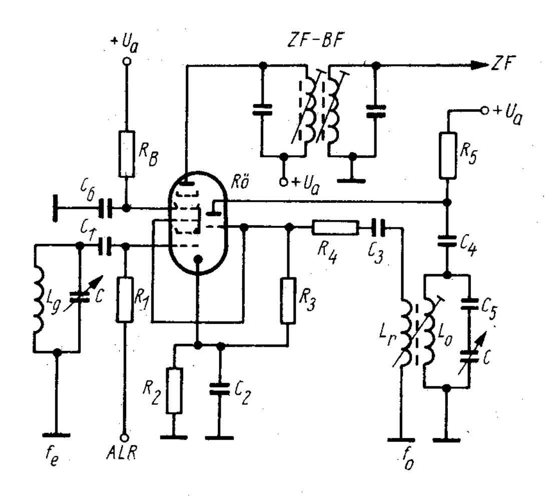



Bild 1.25
Mischoszillatorstufe für einen Superhetempfänger

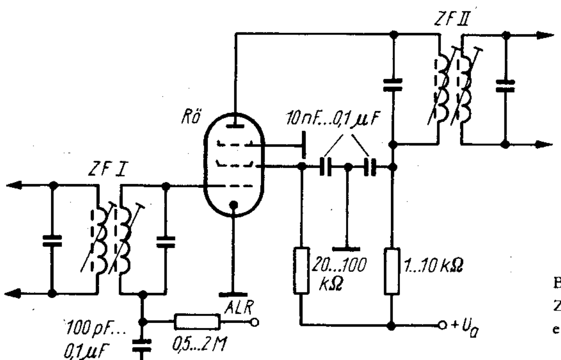



Bild 1.26
Zwischenfrequenzstufe für einen Superhetempfänger

scheinungen die Eingangsspannung zurück, so würde das ohne Regelspannung einen Lautstärkeabfall zur Folge haben. Bei Anwendung der Regelspannung wird aber bei kleinerer Eingangsspannung auch die Richtspannung niedriger, wodurch dann die Röhren aufgeregelt werden und mit höherer Verstärkung arbeiten. Durch die Regelspannung erzielt man also eine gleichbleibende Lautstärke auch bei Schwunderscheinungen.

Die in der Schaltung nach Bild 1.27 erzeugte Regelspannung ist unverzögert und spricht deshalb sofort auf jede Änderung an. Da aber immer eine bestimmte Regelspannung anliegt, hat der Empfänger nie seine volle Empfindlichkeit. Stehen für die Demodulation 2 Diodensystsme zur Verfügung, so kann man zur Regelspannungserzeugung ein getrenntes Diodensystem verwenden. Diese Diode erhält eine kleine negative Vorspannung. Dann muß die Eingangsspannung so groß sein, daß dieser Schwellwert überschritten wird und die Regelung einsetzen kann. Bei schwachen Eingangssignalen ist aber noch keine Regelspannung vorhanden,

und der Empfänger arbeitet mit der größten Empfindlichkeit. Diese Regelungsart bezeichnet man als *verzögerte Regelung*.

Die Sender im UKW-Bereich von etwa 85 bis 100 MHz sind frequenzmoduliert. Da die Modulation nun die Trägerwelle nicht mehr in der Amplitude, sondern in der Frequenz ändert, muß die Demodulationsschaltung anders aufgebaut sein. HF-, Misch-, Oszillator- und ZF-Stufen arbeiten in der gleichen Weise wie beim reinen AM-Empfänger, allerdings unter Berücksichtigung der höheren Frequenzen. Die Zwischenfrequenz im UKW-Bereich beträgt 10,7 MHz. Von den FM-Demodulationsschaltungen hat sich der Ratiodetektor durchgesetzt, wie ihn Bild 1.28 zeigt. Diese Schaltung, die oft auch als *Verhältnisgleichrichter* bezeichnet wird, benötigt ein spezielles ZF-Bandfilter mit einer Koppelspule sowie 2 getrennte niederohmige Diodensysteme. An dem Elektrolytkondensator von 4 μF entsteht eine Gleichspannung, die dem Steuergitter einer Abstimmanzeigeröhre zugeführt werden kann. Außerdem wird das starke Rauschen bei der Abstimmung des Empfängers besser unterdrückt, wenn man diese Spannung an das Bremsgitter der letzten ZF-Röhre schaltet. Da die UKW-Sender die höheren Modulationsfrequenzen verstärkt abstrahlen (Preemphasis), liegt im NF-Ausgang ein *RC*-Glied zur Korrektur (Deemphasis, 100 kΩ/ 200 pF).

Die Superhetschaltung wird heute vorwiegend mit Transistoren bestückt. Derartige Geräte weisen einen geringen Stromverbrauch und niedriges Gewicht auf. Für die Arbeitsweise des Transistorsuperhets gilt das bereits in diesem Abschnitt Gesagte, so daß nur einige Prinzipschaltungen von Baustufen des Transistorsuperhets kurz vorgestellt werden sollen. Bild 1.29 zeigt die Eingangsstufe eines Transistorsupers, in der die Eingangsfrequenz mit einer Oszillatorfrequenz in die Zwischenfrequenz umgesetzt

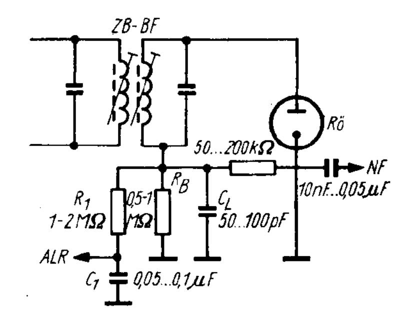



Bild 1.27
Demodulatorstufe eines Superhetempfängers. Die Regelspannungserzeugung erfolgt unverzögert

wird. Da die Oszillatorfrequenz gleich von dem Mischstufentransistor erzeugt wird, bezeichnet man diese Schaltung als *selbstschwingende Mischstufe*. Der Transistor T arbeitet als Mischstufe in Emitterschaltung, als Oszillator arbeitet er in Basisschaltung. $L_1$ und $C_{1/2}$ bilden den Schwingkreis für die Eingangsfrequenz, die an die Basiselektrode des Transistors geführt wird. Für die Oszillatorfrequenz bildet $L_3$ und $C_{5/6/7}$ den Schwingkreis, mit $L_4$ als Rückkopplungsspule. Die Oszillatorfrequenz wird über $C_4$ an die Emitterelektrode des Transistors gekoppelt. Im Kollektorkreis liegt der Bandfilterkreis $L_5/C_8$ zur Aussiebung der Zwischenfrequenz, an den man den Zwischenfrequenzverstärker anschließt. Mit dem Spannungsteiler $R_1/R_2$ wird der Arbeitspunkt der selbstschwingenden Mischstufe eingestellt.

Der auf die Misch-Oszillatorstufe folgende Zwischenfrequenzverstärker ist ein festabgestimmter HF-Verstärker mit nachfolgender Demodulation der ZF. Bild 1.30 zeigt eine Prinzipschaltung für einen 2stufigen AM-ZF-Verstärker. Der 1. ZF-Transistor $T_1$ liegt an der nach der Demodulation erhaltenen Regelspannung und wird in Abhängigkeit von der vorhandenen Sender-

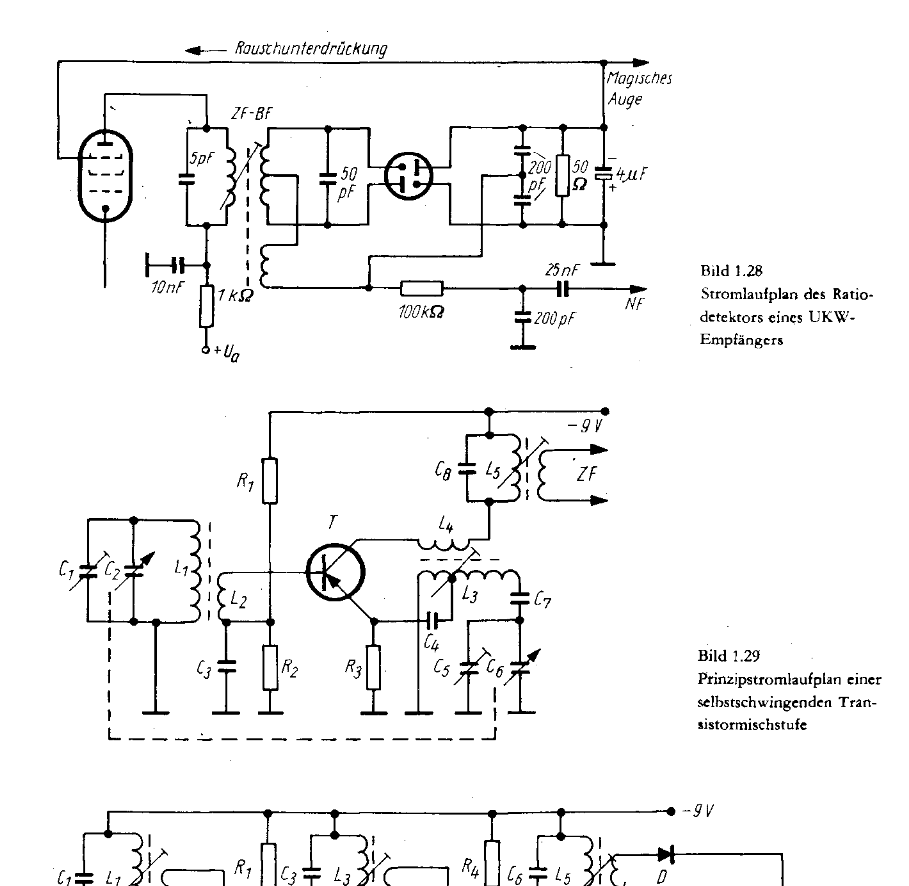



Bild 1.28
Stromlaufplan des Ratiodetektors eines UKW-Empfängers

Bild 1.29
Prinzipstromlaufplan einer selbstschwingenden Transistormischstufe

Bild 1.30
Prinzipstromlaufplan eines transistorisierten AM-ZF-Verstärkers

feldstärke in seiner Verstärkung geregelt. Die HF-Kreise sind *ZF-Bandfilterkreise.* Selbstverständlich können im ZF-Verstärker auch 2kreisige Bandfilter vorgesehen werden. Ist der Transistorsuperhet für FM- und AM-Empfang ausgelegt, so werden die Bandfilterkreise für FM und AM in Reihe geschaltet.

Da man in einem transistorisierten AM/FM-Superhet keine Röhrendioden im FM-Ratiodetektor einsetzen kann, zeigt Bild 1.31 eine Schaltung mit Halbleiterdioden. Mit der AFC-Spannung und einer Kapazitätsdiode im Oszillatorkreis des UKW-Eingangstuners läßt sich eine automatische Scharfabstimmung im UKW-Bereich verwirklichen, was vor allem beim Empfang von Stereosendungen im UKW-Bereich von Bedeutung ist.

### 1.2.5. Der Niederfrequenzverstärker

Bei den Niederfrequenzverstärkern unterscheidet man zwischen den *Vorverstärkern* und den *Endverstärkern* bzw. *Leistungsverstärkern.* Die Vorverstärker sind meist reine Spannungsverstärker und sollen ein schwaches NF-Signal so weit verstärken, daß man damit einen Endverstärker aussteuern kann. Die Endverstärker dagegen erzeugen je nach ihrer Größe eine solche NF-Leistung, daß ein oder mehrere Lautsprecher im Ausgang angeschlossen werden können. Verwendet man mehrere Verstärkerstufen, so erfolgt die Kopplung mit Kondensatoren und Widerständen (*RC*-Kopplung). Bild 1.32 zeigt die Anwendung der *RC*-Kopplung bei einem zweistufigen NF-Vorverstärker. Die Ankopplung des NF-Signals erfolgt über die Kondensatoren $C_k$, die je nach dem zu übertragenden Frequenzbereich Werte von 10 nF bis 0,1 μF haben können. Je tiefer die Grenzfrequenz ist, um so größer muß $C_k$ sein. Die Arbeits- bzw. Anodenwiderstände und die Gitterwiderstände sind ohmsche Widerstände. Früher benutzte man noch die Transformatorkopplung (vor allem bei Trioden) und die Drosselkopplung.

Die Gittervorspannung wird durch die Katodenkombinationen erzeugt. Damit die Verstärkung nicht durch eine Gegenkopplung zu sehr zurückgeht, werden die Katodenwiderstände mit Niedervoltelektrolytkondensatoren kapazitiv überbrückt. Die Anoden- und Schirmgitter-Betriebsspannungen führt man über Siebglieder $(R_2/C)$ zu. Bei hochverstärkenden NF-Schaltungen muß man darauf achten, daß die Gleichspannungen gut gesiebt sind, sonst ist der Brummabstand nicht groß genug.

Endverstärker können mit einer Röhre als Eintaktverstärker oder mit 2 gleichen Röhren als Gegentaktverstärker aufgebaut wer-

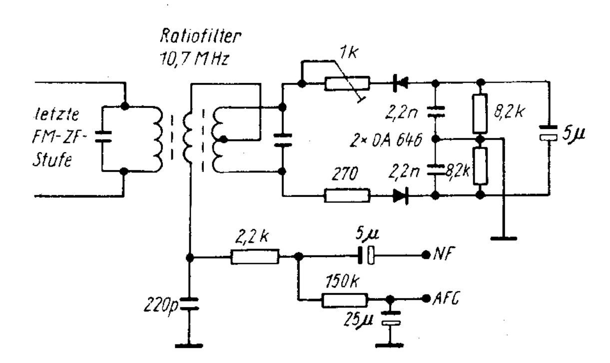



Bild 1.31
Stromlaufplan eines FM-Ratiodetektors mit Halbleiterdioden

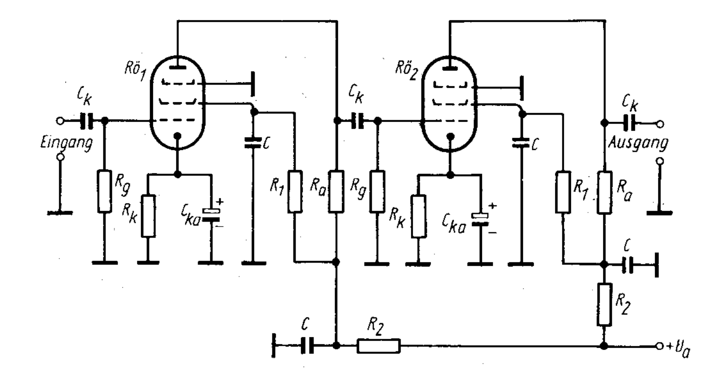



Bild 1.32
*RC*-Kopplung bei einem Niederfrequenzverstärker

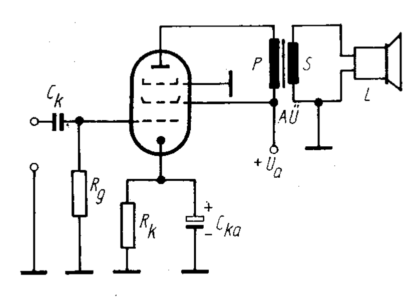



Bild 1.33
Eintaktendstufe eines Niederfrequenzverstärkers

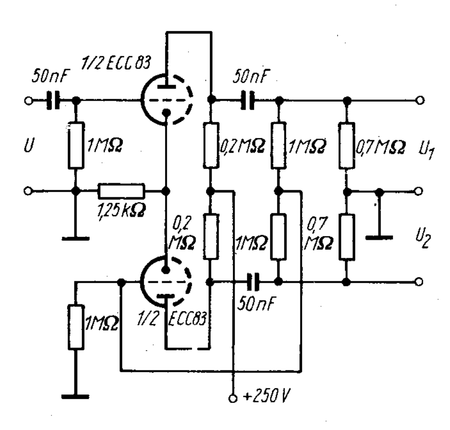



Bild 1.34
Phasenumkehrstufe für einen Gegentakt-NF-Verstärker

den. Bild 1.33 zeigt die Schaltung einer einfachen Endstufe. Am Steuergitter liegt das vom Vorverstärker kommende NF-Signal. Die notwendige Gittervorspannung wird wieder durch eine Katodenkombination erzeugt. Im Anodenkreis befindet sich der Ausgangsübertrager, an dem sekundärseitig die Schwingspule des Lautsprechers angeschlossen ist.

Gegentaktverstärker benötigen 2 um 180° phasenverschobene Steuerspannungen, die man mit einem Transformator oder, wesentlich moderner, mit einer Phasenumkehrschaltung erzeugen kann. Bild 1.34 zeigt die Schaltung einer solchen Phasenumkehrstufe, wie sie in der modernen Schaltungstechnik verwendet wird. Man benutzt dazu eine Miniatur-Doppeltriode *ECC 83*. Die Steuerspannung für das 2. Triodensystem erhält man von den beiden 1-MΩ-Widerständen im Ausgang. Durch die Fertigungstoleranzen bedingt, sind diese beiden Widerstände nie gleich groß. Auf Grund des gemeinsamen Katodenwiderstandes symmetriert sich die Schaltung von selbst.

Die Schaltung für eine einfache Gegentaktendstufe zeigt Bild 1.35. Am Eingang liegen die beiden um 180° phasenverschobenen Steuerspannungen, die man von der Phasenumkehrstufe erhält. Die Gittervorspannung wird durch den kapazitiv überbrückten Ka-

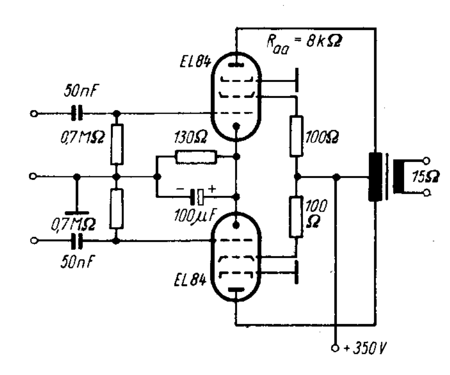



Bild 1.35
Gegentaktendstufe eines Niederfrequenzverstärkers

todenwiderstand erzeugt. Im Gegentakt-Ausgangstransformator werden die Leistungsanteile der beiden Endröhren zusammengesetzt. Die Werte der Anpassungsverhältnisse für die jeweils verwendeten Röhren entnimmt man einer Röhrentabelle.
Besonders wegen ihres kleinen Klirrfaktors wird in modernen Geräten bei Gegentaktbetrieb die *Ultra-Linear-Schaltung* benutzt. Bei dieser Schaltungsart liegen die beiden Schirmgitter der Endröhren jeweils an einer Anzapfung der Primärspule des Ausgangstransformators, während man die Anodenspannung in der Wicklungsmitte zuführt. Es tritt dadurch eine Schirmgittergegenkopplung auf, die den Pentoden-Endstufen Triodeneigenschaften verleiht. Die Folge sind bei einem hohen Wirkungsgrad geringe Verzerrungen und ein günstiger niedriger Innenwiderstand. Die Nutzleistung verringert sich jedoch entsprechend dem Anzapfungsverhältnis. Als günstig hat sich eine Anzapfung bei 20% der Wicklung (jeweils von Wicklungsanfang bzw. -ende gerechnet) erwiesen. Die Nutzleistung geht um etwa 20%, der Klirrfaktor aber um 40 bis 50% zurück.
In der Schaltungspraxis der Niederfrequenzverstärker hat sich heute weitgehend der Transistor durchgesetzt. Bild 1.36 zeigt einen 2stufigen NF-Versärker für Kopfhörerbetrieb, der an eine Audionstufe oder eine Reflexschaltung angeschlossen werden kann. In der Eingangsstufe wird die Basisvorspannung für den Arbeitspunkt durch den Widerstand 300 kΩ zwischen Basis- und Kollektorelektrode erzeugt. Bei der Kopfhörerendstufe stellt der Spannungsteiler 50 kΩ/12 kΩ die Basisvorspannung ein. Beide Emitterelektroden liegen direkt an Masse. Eine bessere Stabilisierung der Transistorstufen wird erreicht durch Basisspannungsteiler und kapazitiv überbrückte Emitterwiderstände. Bild 1.37 zeigt ein Schaltungsbeispiel; es stellt einen 2stufigen NF-Verstärker mit einer Eintakt-A-Endstufe für Lautsprecherbetrieb dar.

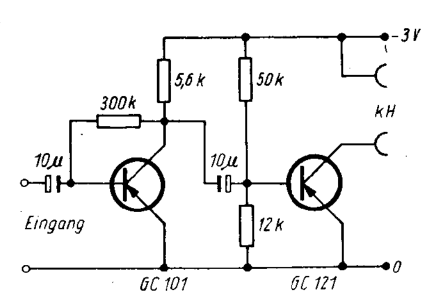



Bild 1.36
Stromlaufplan eines Kopfhörerverstärkers

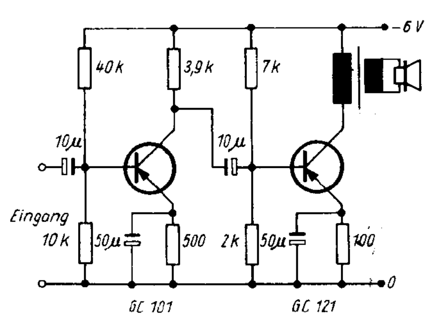



Bild 1.37
Stromlaufplan eines Transistorverstärkers mit Eintakt-A-Endstufe

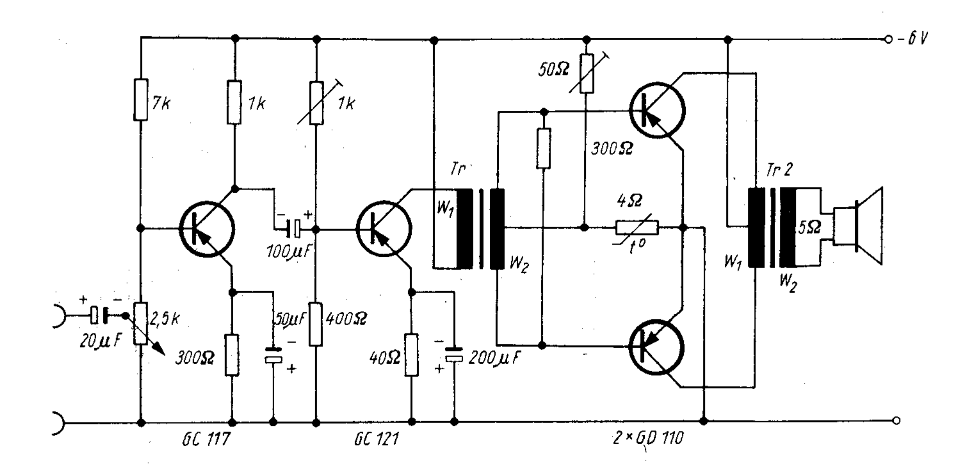
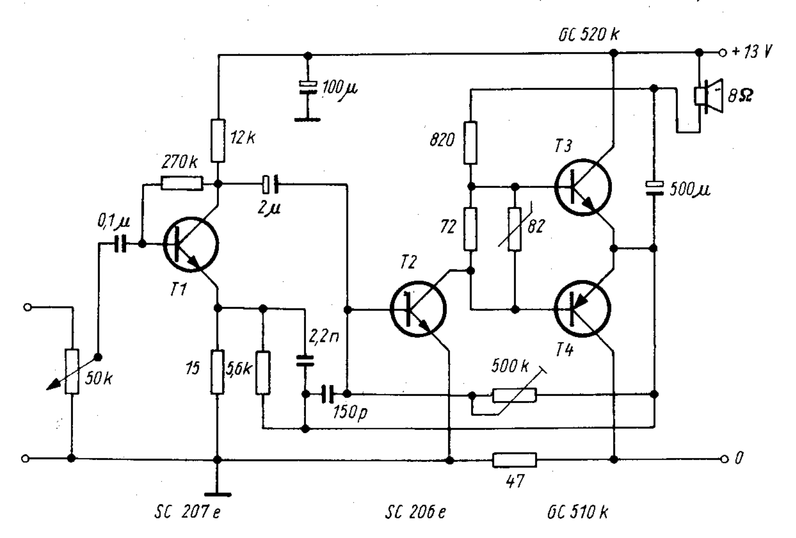



Bild 1.38
Stromlaufplan eines Transistorverstärkers mit Gegentakt-B-Endstufe

Bild 1.39
Stromlaufplan eines Transistorverstärkers mit eisenloser Endstufe (s. untenstehendes Bild)




Leistungsendstufen mit Transistoren werden im Gegentakt-B-Betrieb aufgebaut, da hierbei ohne NF-Ansteuerung nur ein geringer Kollektorstrom fließt. Erst mit zunehmender Ansteuerung steigt der Kollektorstrom an. Um Verzerrungen in der Gegentakt-B-Endstufe möglichst zu verringern, sollen die Kennlinien der beiden Endstufentransistoren etwa übereinstimmen. Im Handel gibt es dafür sogenannte „Pärchen-Transistoren“. Bild 1.38 zeigt die Schaltung eines derartigen NF-Verstärkers, den man sofort am Treiberübertrager $Tr_1$ und am Ausgangsübertrager $Tr_2$ erkennt. Die Schaltung besteht aus

einer rauscharmen Eingangsstufe, der Treiberstufe und der Gegentakt-B-Endstufe. Die Basisspannungen der Transistoren werden durch Spannungsteiler eingestellt.
Heute baut man NF-Verstärker mit eisenlosen Endstufen im Gegentakt-B-Betrieb auf. Ein Schaltungsbeispiel dafür zeigt Bild 1.39, das ebenfalls aus rauscharmer Eingangsstufe, Treiberstufe und eisenloser Endstufe besteht. Die beiden 1. Stufen sind mit Siliziumtransistoren bestückt, während für die Endstufe ein komplementäres Transistorpaar (npn- plus pnp-Transistor) erforderlich ist. Dadurch wird die Ankopplung der Treiberstufe an die Endtransistoren wesentlich vereinfacht. Die Eingangsstufe wird durch eine Gegenkopplung stabilisiert, die Endtransistoren durch den Thermistor zwischen den Basiselektroden. Durch den Wegfall der NF-Übertrager werden eisenlose NF-Verstärker leichter und verstärken ein breiteres Frequenzband. Für die Dimensionierung von eisenlosen Endstufen besteht ein enger Zusammenhang zwischen Transistorverlustleistung, Lautsprecherimpedanz und Betriebsspannung.

### 1.2.6. Mikrofon, Kopfhörer und Lautsprecher

Zur Aufnahme von niederfrequenten Schwingungen verwendet man Mikrofone. Mikrofone werden auch als *Schallwandler* bezeichnet, da sie die aufgenommene Schallenergie in elektrische Energie umwandeln. Diese aus der Umwandlung gewonnene elektrische Energie führt man der Eingangsröhre eines empfindlichen NF-Verstärkers zu und steuert diesen damit aus.
Für einfache Anlagen ohne besonderen Anspruch auf gute Wiedergabe genügt das *Kohlemikrofon*, wie es beim Telefon verwendet wird. Zwischen einer Kohleelektrode und einer Kohlemembran befindet sich Kohle-

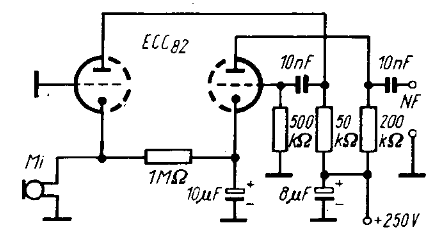



Bild 1.40
Stromlaufplan für die transformatorlose Ankopplung eines Kohlemikrofons an einen NF-Verstärkereingang

grieß, der durch die auf die Membran einwirkenden Schallwellen seinen Widerstandswert ändert. Da das Kohlemikrofon sehr niederohmig ist (50 bis 200 Ω), muß es über einen Eingangsübertrager an dem meist hochohmigen NF-Verstärkereingang angeschlossen werden. Außerdem ist es mit einer Gleichspannung von 3 bis 6 V in Reihe zu schalten. Dazu kann die am Katodenwiderstand der Eingangsröhre abfallende Spannung ausgenutzt werden. Man spart dadurch die Batterie. Schaltet man die Eingangsröhre als Gitterbasisstufe, so entfällt auch der Eingangsübertrager. Bild 1.40 zeigt eine geeignete Schaltung für den Selbstbau. Das Kohlemikrofon liegt zwischen Masse und den beiden Katoden. Die Batterie kann entfallen, da der Katodenstrom das Mikrofon durchfließt.
Eine wesentlich bessere Wiedergabe erhält man mit einem *dynamischen Mikrofon* oder einem *Kristallmikrofon*. Bei besonders hohen Ansprüchen nimmt man ein *Kondensatormikrofon*. Dynamische Mikrofone sind niederohmig und haben einen genormten Anschlußwert von 200 Ω. Sie können über längere Leitungen mit dem Verstärkereingang verbunden werden, ohne daß die Gefahr von Brummeinstreuungen gegeben ist. An den hochohmigen Verstärkereingang werden sie über einen Eingangsübertrager angeschlossen. Es gibt aber auch handelsübliche dynamische Mikrofone, bei denen

dieser Übertrager bereits eingebaut ist. Solche Mikrofone haben dann einen hochohmigen Ausgang.

In der Amateurpraxis werden meist Kristallmikrofone verwendet, da sie eine sehr große Empfindlichkeit haben und deshalb eine relativ große NF-Spannung abgeben. Allerdings sind sie sehr hochohmig (mehrere Megaohm), so daß die Zuleitung zum Verstärkereingang nicht länger als 2 m und möglichst kapazitätsarm sein soll. Im Gegensatz zu den Mikrofonen wandeln Kopfhörer und Lautsprecher die verstärkte elektrische NF-Energie wieder in Schallwellen um. Für Kontrollzwecke, an kleineren Empfangsgeräten und beim Amateurfunkverkehr benutzt man den Kopfhörer zur Wiedergabe. Kopfhörer haben allgemein eine Impedanz von 4000 Ω. Dabei sind beide Erregerspulen zu je 2000 Ω hintereinandergeschaltet. Für die Transistorpraxis schaltet man besser beide Spulen parallel, da eine Impedanz von 1000 Ω für diese Zwecke günstiger ist. Bei netzbetriebenen Geräten sollte zur Sicherheit stets ein entsprechender Ausgangsübertrager verwendet werden, weil Kopfhörer nur schwachstrommäßig isoliert sind.

In der NF-Praxis benutzt man heute fast ausschließlich dynamische Lautsprecher, bei denen sich eine Schwingspule in einem Magnetfeld bewegt. Mit der Schwingspule ist die Schallmembran verbunden. Das Magnetfeld kann durch einen permanenten Dauermagneten oder durch einen Elektromagneten erzeugt werden. Man unterscheidet deshalb zwischen dem *permanentdynamischen* und dem *elektrodynamischen* Lautsprechersystem. Bevorzugt wird der permanentdynamische Lautsprecher, weil bei diesem die für die Erregung notwendige Gleichstromleistung entfällt. Zum Lautsprecher gehört ein entsprechender Ausgangsübertrager, der den hochohmigen Außenwiderstand der Endröhre an den Wechselstromwiderstand der Schwingspule anpaßt.

Zur Verbesserung der Klangeigenschaft enthält ein moderner Breitbandlautsprecher in der Membranmitte einen Hochtonkonus zur verstärkten Abstrahlung der hohen Töne. Bei hochwertigen Musikwiedergabeanlagen verwendet man Lautsprecherkombinationen. Diese bestehen meist aus einem Tiefton- und mehreren Hochtonlautsprechern, die in einem besonders schallgünstigen Gehäuse (Baßreflexbox usw.) untergebracht werden.

### 1.2.7. Die Stromversorgung

Funktechnische Geräte mit Röhrenbestükkung benötigen bestimmte Betriebsspannungen wie Heizspannung, Anodenspannung usw. Diese Betriebsspannungen liefert der Netzteil des Gerätes. Je nach den Anwendungsbereichen unterscheidet man dabei zwischen dem *Batteriebetrieb* und dem *Netzbetrieb*. Der Batteriebetrieb wird vor allem bei tragbaren Geräten und bei Notanlagen angewendet. Durch den Anschaffungspreis der Batterien für Heiz- und Anodenstrombedarf liegen die Kosten des Batteriebetriebes wesentlich höher als bei Netzbetrieb. Allerdings ist durch die Anwendung der Transistortechnik das Verhältnis schon wesentlich günstiger geworden. Transistorschaltungen arbeiten mit niedrigen Betriebsspannungen (Batterie oder Netzteil), so daß sie für die Bastelpraxis gut geeignet sind.

Entsprechend dem vorhandenen Stromnetz unterscheiden wir zwischen dem *Wechselstrom-* und dem *Allstrombetrieb*. Reinen Gleichstrombetrieb hat man selten. Günstig ist der Wechselstrombetrieb, weil durch die Anwendung eines Transformators aus der Netzspannung beliebig große Wechselspannungen gewonnen werden können. Außerdem ist durch den Netztransformator eine galvanische Trennung vom Stromnetz vorhanden. Bei Allstrombetrieb, also bei Geräten, die sowohl am Wechselstromnetz als

auch am Gleichstromnetz betrieben werden können, besteht in jedem Fall eine direkte Verbindung mit dem Stromnetz. Bei solchen Geräten ist das Chassis berührungssicher einzubauen, da man sonst beim Berühren einen elektrischen Schlag erhalten kann. Der Anfänger baut deshalb besser noch keine Allstromschaltungen auf. Experimentiert man an Allstromgeräten, so sollte man stets einen Glimmlampen-Phasenprüfer zur Hand haben. Bei Inbetriebnahme des Allstromgerätes überzeugt man sich vor dem Berühren des Chassis davon, daß dieses nicht mit der Netzphase in Verbindung steht. Sollte die Glimmlampe am Chassis aufleuchten, so ist der Netzstecker umzustecken, damit das Chassis mit der Nullerde des Stromes verbunden wird. Nähere Hinweise und Ratschläge zur Stromversorgung von funktechnischen Geräten sind in Abschnitt 7. zu finden.

# 2. Der Arbeitsplatz und seine Einrichtung

Nicht jedem Radiobastler wird es möglich sein, sich eine kleine Werkstatt einzurichten, in der er alle notwendigen Bastelarbeiten durchführen kann. Es erhöht aber die Freude an der Arbeit ungemein, wenn auch nur ein kleiner bescheidener Arbeitsplatz vorhanden ist, der keinem anderen Zweck dient als nur dieser Freizeitbeschäftigung. Muß man jeweils diesen Arbeitsplatz erst provisorisch einrichten und dazu alles Notwendige aus Schubladen, Kisten und Pappkartons zusammensuchen, dann wird einem beim eigentlichen Arbeitsbeginn meistens die Lust an dieser Arbeit vergangen sein. Da findet man die Spiralbohrer nicht gleich, oder der Hammer ist verschwunden. Verwendet man als Arbeitstisch den Küchentisch, so blickt die Hausfrau kummervoll auf den gepflegten Linoleumbelag. Und wer ist nicht schon einmal mit der Handbohrmaschine abgerutscht und mußte den Spiralbohrer aus der Tischplatte ziehen? Hat man dagegen einen eigenen Arbeitstisch, so geht es einem wie mit der Lederhose: je mehr Flecken darauf, um so stilechter. Dazu wird noch häuslicher Ärger vermieden, und man spart Zeit, die heute stets knapp ist.

## 2.1. Einfacher Arbeitstisch

Für die Einrichtung eines Arbeitsplatzes wird ein gebrauchter Tisch genügen. Diesen kann man sehr billig bei einer Auktion oder in einer Gebrauchtwarenhandlung erstehen. Eventuell sieht man einmal die Verkaufsanzeigen einer Tageszeitung daraufhin durch.

Allerdings muß man darauf achten, daß der Tisch stabil ist und eine Tischplatte mit den Ausmaßen von etwa 120 cm × 70 cm hat. Die Tischhöhe sollte etwa 75 cm betragen. Unbedingt erforderlich sind 1 oder 2 Schubfächer.

Bild 2.1 zeigt, wie man einen solchen Tisch mit einem zweckmäßigen Aufbau versieht. Im unteren Teil des Aufbaus sind von links nach rechts 1 Antennenbuchse, 5 auf einer Metallschiene befestigte Erdbuchsen, 1 Sicherungsautomat und fünf Steckdosen in Unterputzausführung angeordnet. Durch die Installierung dieser Buchsen und Steckdosen vermeidet man ein Strippengewirr zur nächsten Steckdose und zu den anderen benötigten Anschlüssen (Antenne, Erde). Auf dem oberen Teil des Aufbaus kann man Prüfgeräte, Netzgeräte usw. unterbringen.

Diesen Aufbau läßt man aus 10 mm starkem Holz von einem Tischler anfertigen und beizen. Antennenbuchse und Erdbuchsen sind gewöhnliche Telefonbuchsen. Die Erdbuchsen werden auf einer Metallschiene (Kupfer, Messing oder Aluminium) zusammengefaßt. Die Erdleitung wird mit dieser Metallschiene verbunden. Sehr wichtig ist das Vorhandensein eines Sicherungsautomaten. Diesen lernt man schätzen, wenn man bei einem Kurzschluß im Dunkeln gesessen hat und dann im Korridor oder Hausflur die Sicherung auswechseln mußte. Voraussetzung für

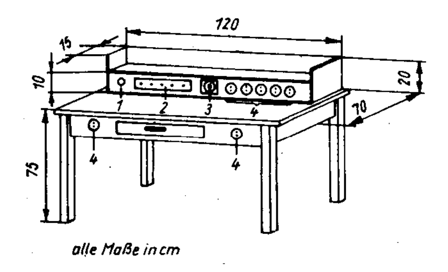



Bild 2.1
Einfacher Arbeitstisch, bestehend aus einem alten Tisch und getrenntem Aufbau (1 - Antennenbuchse; 2 - Erdschiene; 3 - Sicherungsautomat; 4 - Unterputzdosen für Netzspannung)

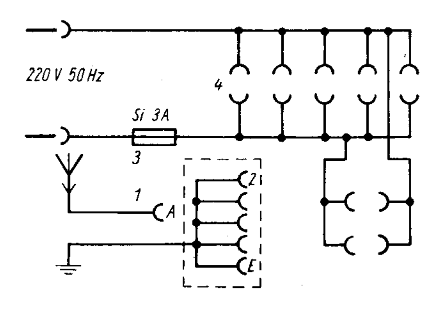



Bild 2.2
Schaltung der elektrischen Anlage des einfachen Arbeitstisches

diesen Sicherungsautomaten ist allerdings, daß die Auslösestromstärke niedriger liegt als der Wert der Wohnungssicherung. Da Stromzuführungen zu Wohnungen in den meisten Fällen mit 6 A abgesichert sind, verwenden wir für den Arbeitstisch einen Sicherungsautomaten für etwa 3 A. Sicherungsautomaten gibt es in 2 Ausführungsformen: einmal als Schraubsicherung und dann für eine feste Montage im Leitungszug. Bei einer Netzspannung von 220 V kann man eine Belastung bis zu etwa 600 W anschließen. Die 5 Steckdosen des Aufbaus werden parallelgeschaltet.

An der Vorderseite des Tisches bringt man auch 2 Steckdosen in Unterputzausführung für den Anschluß des Lötkolbens an. Bild 2.2 zeigt die Schaltung des elektrischen Anschlusses. Von größter Bedeutung bei jeder Arbeit sind gute Lichtverhältnisse. Deshalb ist es günstig, wenn man den Arbeitstisch so an ein Fenster stellen kann, daß das Licht von links auf den Tisch fällt. Meist arbeiten Radiobastler und Funkamateure abends oder nachts, so daß für den Arbeitsplatz eine elektrische Beleuchtung vorgesehen werden muß. Am günstigsten sind für diesen Zweck Arbeitsleuchten. Bekannt ist die Ausführung mit Scherenarm oder verstellbaren Kugelgelenken. Mit diesen verstellbaren Arbeitsleuchten läßt sich jede Stelle des Arbeitsplatzes beleuchten. In der Arbeitsleuchte verwendet man Glühlampen mit 60 bis 100 W. Sehr zu empfehlen für den ausschließlichen Nachtarbeiter sind Tageslichtlampen.
In der Schublade des Arbeitstisches wird kleineres Handwerkszeug und anderes Kleinmaterial untergebracht. Ist die Tischplatte mit Wachstuch oder Linoleum ausgelegt, so empfiehlt es sich, eine Hartfaserplatte aufzunageln.

## 2.2. Arbeitsplatz mit Schreibtisch

Manchmal kann man billig einen gebrauchten Schreibtisch kaufen. Dieser ist für unsere Zwecke günstiger als ein einfacher Tisch, da sich in seinen zahlreichen Schubladen und Fächern viel unterbringen läßt, was man sonst unter Betten schiebt oder auf Kleiderschränke legt. Auf diesem Schreibtisch kann man ebenfalls einen Aufbau nach Bild 2.1 anbringen. Die Steckdosen für den Lötkolben werden dann an den Seitenwänden angebracht.
Bild 2.3 zeigt eine Erweiterung des Aufbaus. Die Abmessungen gehen aus Bild 2.3 hervor, während Bild 2.4 die Schaltung der elektri-

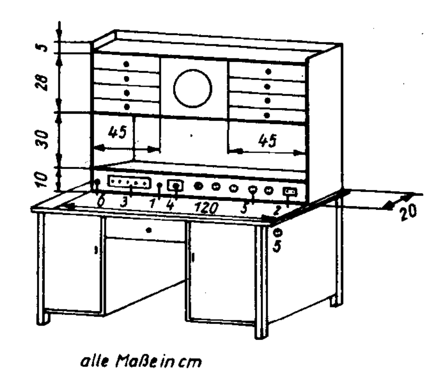



Bild 2.3
Erweiterter Aufbau für einen Schreibtisch (1 - Glimmlampe für Netzanzeige; 2 - hochohmiger Lautsprecheranschluß; 3 - Erdschiene; 4 - Sicherungsautomat; 5 - Unterputzdosen für Netzspannung; 6 - Antennenbuchse)

schen Anlage zeigt. Dazugekommen sind zwischen Erdbuchsen und Sicherungselement eine Netzglimmlampe und ganz rechts der hochohmige Anschluß für einen Lautsprecher. Die Netzglimmlampe informiert uns jederzeit darüber, ob die Netzspannung an den Steckdosen anliegt. Im oberen Teil ist in der Mitte das Lautsprechersystem mit Ausgangsübertrager untergebracht. Die primäre Anschlußseite dieses Ausgangsübertragers liegt an den rechts befindlichen Buchsen. Verwendet wird ein 2- bis 4-W-Lautsprecherchassis mit permanenten Magneten. Der Durchmesser der Lautsprecheröffnung richtet sich nach dem Korbdurchmesser des benutzten Lautsprechers.

Über der Steckdosenleiste und auf der oberen Platte des Aufbaus können Geräte abgestellt werden. Rechts und links vom Lautsprecher sind Schubfächer für Widerstände, Kondensatoren und anderes Kleinmaterial angebracht. Zu diesem Zweck werden die einzelnen Schubladen in kleine Fächer aufgeteilt. Das Werkzeug bringen wir bequem in den Seitenfächern des Schreibtisches unter. Zweckmäßig ist auch dabei das Einfügen von Zwischenfächern in den Schubladen, damit das Werkzeug übersichtlich gelagert werden kann.

## 2.3. Großer Arbeitsplatz

Einen großen Arbeitsplatz mit allem Komfort zeigt Bild 2.5. Über dem Arbeitstisch befindet sich ein übersichtliches Wandregal, in dessen Fächern und Schubladen zahlreiche Geräte und Kleinmaterial verstaut werden können. Darunter hängt ein länglicher Holzkasten mit einer Frontplatte aus 3 mm starkem Pertinax. Auf dieser Frontplatte sind neben einer Netzglimmlampe in der Mitte zahlreiche 2polige Buchsen für die Netzspannung angebracht. Je ein Instrument zeigt die vorhandene Netzspannung und die dem Netz entnommene Stromstärke an. Rechts und links von den Meßinstrumenten

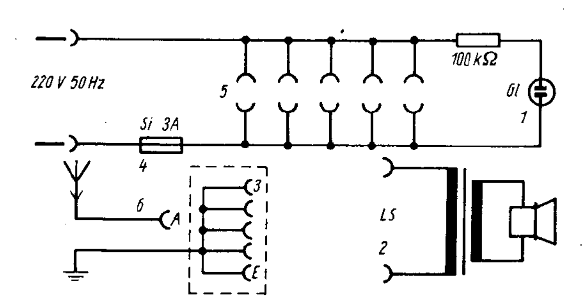



Bild 2.4
Schaltung der elektrischen Anlage des erweiterten Aufbaus nach Bild 2.3

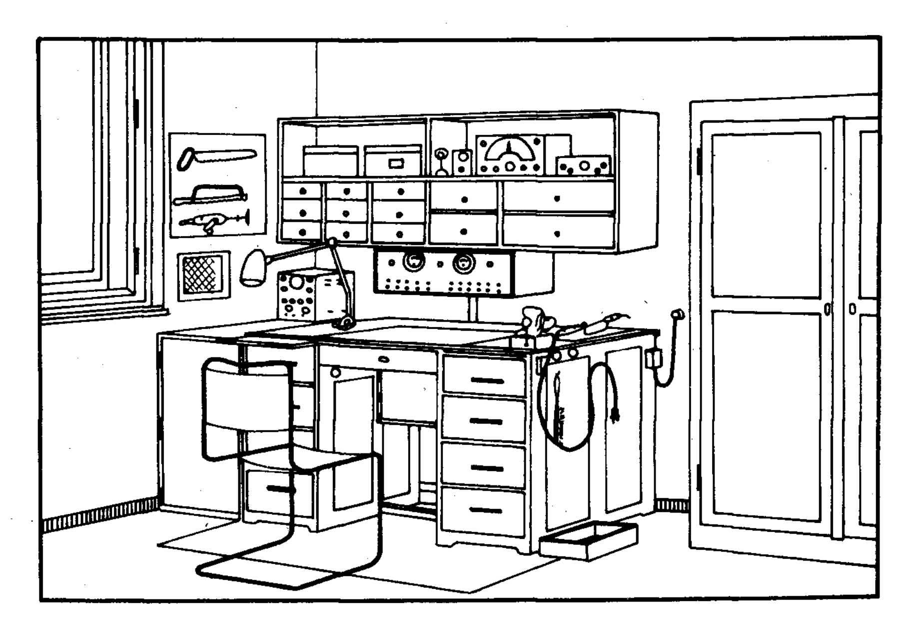


Bild 2.5
Großer Arbeitsplatz mit allem Komfort

sind 2 Leitungsprüfer mit optischer Anzeige angeordnet. Für hochohmige Messungen wird eine Glimmlampe verwendet, für niederohmige Messungen eine Skalenlampe. Die Stromversorgung befindet sich ebenfalls in diesem Holzkasten. Bild 2.6 zeigt die Schaltung für die beiden einfachen Leitungsprüfer. Die Stromzuführung zu dem länglichen Holzkasten erfolgt über einen Sicherungsautomaten.

Der Arbeitstisch enthält rechts und links je 4 Schubfächer, die zum Teil ein heraushebbares Zwischenfach haben. Diese Schubfächer dienen zur Aufbewahrung von Werkzeug, Kleinmaterial, Blech- und Isolierstoffplatten sowie anderen Materialien. Das Schubfach in der Mitte des Tisches enthält Schreib- und Zeichenutensilien. Unterhalb des mittleren Schubfachs ist ein kleines Schrankfach angeordnet. Rechts und links befinden sich herausziehbare Platten zur Ablage von Gegenständen. Links vom Arbeitstisch steht ein kleiner Schrank, in dem man Fachliteratur, vor allem Fachzeitschriften, unterbringt. Links an der Wand ist eine Holzplatte befestigt, an der sperriges Werkzeug aufgehängt wird. Darunter befindet sich eine Holzplatte, auf die die zahlreichen benötigten »Strippen« gesteckt werden. Auf

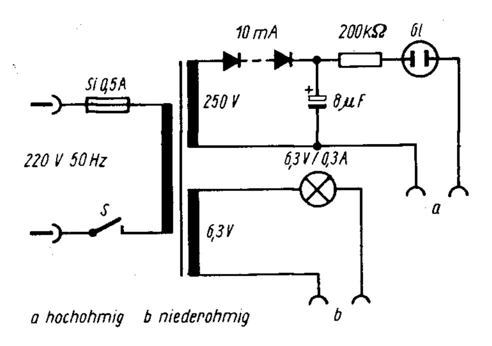



Bild 2.6
Schaltung des niederohmigen und hochohmigen Leitungsprüfers

der Platte des Arbeitstisches wird rechts ein mittlerer Schraubstock befestigt. Diese Arbeitstischkombination erfüllt alle Ansprüche des Radiobastlers und Funkamateurs, ist aber auch entsprechend teuer, wenn man sie in einer Tischlerei anfertigen läßt.

## 2.4. Werkstatt für eine Klubstation

Das Zentrum für die Ausbildung der am Funksport interessierten Jugendlichen sind die Klubstationen der Amateurfunker der *Gesellschaft für Sport und Technik.* Diese Klubstationen haben in den meisten Fällen die Voraussetzungen für die Durchführung einer Morseausbildung, für die Ausbildung in der Funk- und Betriebstechnik und für die Anleitung zum Selbstbau von funktechnischen Geräten. Dazu gehört eine nach den gegebenen Möglichkeiten eingerichtete Werkstatt, in der die beim Selbstbau von funktechnischen Geräten anfallenden Arbeiten durchgeführt werden können.

Bild 2.7 zeigt die ursprüngliche Raumaufteilung der Klubstation *DM 3 BM*, der der Autor mehrere Jahre angehörte. Das Leben der Mitglieder spielte sich in einem größeren Raum ab, in dem man Morseunterricht durchführte, wo einzelne Kameraden ihre Geräte bauten und auch die Amateurfunkstation betrieben wurde. Führten wir Funkbetrieb in Telefonie durch, so mußte beim Umschalten auf Senden alles die Luft anhalten, um die Sendung nicht zu stören. Als Folge ergab sich, daß die Amateurfunk-Klubstation *DM 3 BM* nur selten „in der Luft" war. Nach einer Aussprache unter den Kameraden der Klubstation wurde beschlossen, in gemeinsamer Arbeit die Raumaufteilung entsprechend Bild 2.3 zu ändern.

Der als Lager benutzte Raum erhielt einen Türdurchbruch. Man kalkte Wände und richtete den Raum als Werkstatt ein. Im bisherigen Raum der Klubstation wurden 2 Wände eingezogen, die eine Ecke von etwa 2,5 m × 4,5 m abteilen. Die Schmalseite dieses abgetrennten Raumes erhielt eine Tür. In dem Raum selbst wurde die Amateurfunk-Klubstation untergebracht. Ungestört vom Geschehen in den anderen Räumen kann jetzt Amateurfunkverkehr durchgeführt werden.

Der übrige Teil des früheren Raumes wurde für die Durchführung des Morseunterrichts und für die Ausbildung in der Funk- und Be-

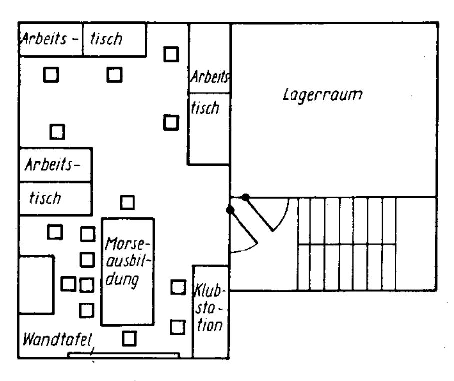



Bild 2.7
Ungefähre Darstellung der alten Raumaufteilung der Klubstation *DM 3 BM*

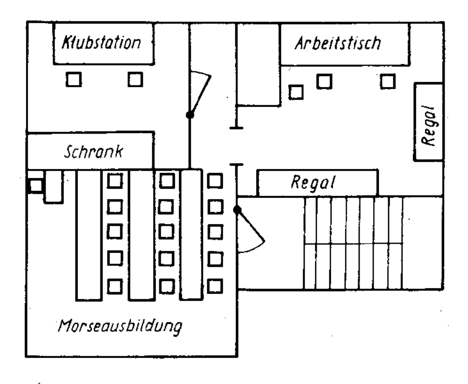



Bild 2.8
Ungefähre Darstellung der neuen Raumaufteilung der gleichen Klubstation

triebstechnik eingerichtet. Durch die Neuaufteilung der Räumlichkeiten ist also ein ungestörtes Nebeneinander des Amateurfunkverkehrs, der Ausbildung und der Werkstattarbeit möglich.

## 2.5. Zubehör zum Arbeitsplatz

Bevor die Beschreibung des für unsere praktische Arbeit notwendigen Werkzeugs folgt, noch einige Hinweise für Dinge, die uns die Arbeit am Arbeitsplatz erleichtern. Wie schon gesagt, wird das Schubfach des Arbeitstisches in einzelne, verschieden große Fächer unterteilt, in denen wir das kleinere Werkzeug und das Kleinmaterial unterbringen können (Bild 2.9). Für das größere Werkzeug suchen wir uns einen Platz in einem anderen Schrank, in der Besenkammer oder anderswo. An einer Schmalseite des Tisches bringen wir senkrecht ein 20 mm starkes Holzbrett an, auf das wir unsere Verbindungsschnüre stecken.

Zu diesem Zweck bohren wir in einem Abstand von 10 mm mit einem 4-mm-Bohrer Löcher, in die dann die Bananenstecker gesteckt werden (Bild 2.10). Die Verbindungsschnüre selbst stellen wir aus gummiisoliertem, 1adrigem Litzenkabel her. Die Längen dieser Verbindungsschnüre betragen 25 cm, 50 cm, 75 cm und 100 cm. Von jeder Länge stellen wir etwa 4 bis 6 Stück her. An beide Enden kommt je ein Bananenstecker, dazu einige Krokodilklemmen, so daß die Leitungen beliebig verwendet werden können. Für Niederfrequenzzwecke fertigen wir noch einige Verbindungsschnüre mit Abschirmung an. Abschirmung und Ader versehen wir an beiden Enden ebenfalls mit Bananensteckern.

Während auf die benötigten Radiobauteile in Abschnitt 6. näher eingegangen wird, seien hier noch einige Bauteile genannt, die man in kleinen Stückzahlen vorrätig halten sollte.

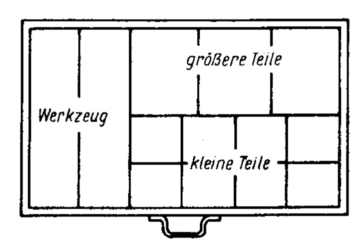



Bild 2.9
Das Schubfach des Arbeitstisches wird zur übersichtlichen Lagerung von Werkzeug und Bastelmaterial in verschieden große Fächer unterteilt



Bild 2.10
Die Aufbewahrung der Verbindungsschnüre erfolgt entweder durch Einstecken in ein gebohrtes Brett oder auf einem geschlitzten Blech

Neben üblichen 2poligen Netzsteckern braucht man Telefonbuchsen, Bananenstekker, 2polige Buchsen mit 19 mm Steckerabstand und 2adriges Netzkabel. Für UKW gibt es besondere Bauteile, 2polige Stecker, Buchsen und Kupplungen, die für die Verwendung an UKW-Flachbandkabel vorgesehen sind. Für HF-Koaxialkabel halten wir besondere Koaxstecker und Koaxbuchsen vorrätig.

## 2.6. Elektrische und funktechnische Grundausrüstung

Der ernsthafte Radiobastler wird sich nach und nach seine kleine Werkstatt einrichten und vervollständigen. Dabei muß er sich allerdings im Rahmen seiner finanziellen Möglichkeiten bewegen. Viele Radiobastler beachten aber nicht, daß z. B. die Fachzeitschriften immer gern kurze Beiträge über erprobte einfache Schaltungen, über Reparaturhinweise oder Werkstattkniffe entgegennehmen. Bei Veröffentlichung wird ein ange-

messenes Honorar gezahlt. Mit diesem selbstverdienten Geld kann man dann weitere Anschaffungen für die Werkstatt tätigen.
Neben dem Werkzeug zur Bearbeitung der Selbstbauteile muß man sich auch elektrische und funktechnische Geräte anschaffen. Dazu gehören vor allem ein Stromversorgungsgerät, ein Vielfachmeßinstrument und einfache Prüfgeräte. Diese Geräte kann man sich durch Selbstbau ganz den eigenen Wünschen entsprechend gestalten. Ein Stromversorgungsgerät ist vor allem dann wichtig, wenn man Schaltungen ausprobieren will. Man braucht dann nicht jedesmal ein Netzgerät mit der Schaltung aufzubauen und spart dadurch viel Zeit. Die Stromversorgung bleibt ja bei jedem Gerät gleich, egal ob es sich um einen Empfänger, ein Prüfgerät oder einen NF-Verstärker handelt. Bei der Dimensionierung des Stromversorgungsgerätes muß man nur darauf achten, daß man die wichtigsten Heizspannungen (4 V, 6,3 V, 12,6 V) zur Verfügung hat sowie eine entsprechende Gleichspannung (etwa 300 V) für die Anoden- und Schirmgitterspannung. Zweckmäßig ist es, wenn man zusätzlich eine stabilisierte Gleichspannung von z. B. 150 V vorsieht. Entsprechende Bauanleitungen dafür findet der Leser in Abschnitt 7.
Günstig ist es allerdings, wenn man einen industriell gefertigten Vielfachmesser besitzt. Damit können dann Spannungen und Ströme sowohl bei Gleichstrom als auch bei Wechselstrom gemessen werden. Aber solche Instrumente sind nicht billig; der Selbstbau ist auch nicht ganz einfach. Doch genügt es für den Anfang, wenn man Gleichspannungen messen kann. Als Meßbereiche empfehlen sich 30 V zum Messen von Gittervorspannungen und Batterien sowie 300 bzw. 500 V für Anoden- und Schirmgitterspannungen.
Als nächstes Gerät ist ein Absorptionsfrequenzmesser erforderlich, damit man Frequenzen bestimmen kann. Hat man dann schon einige Erfahrungen gesammelt, sollte man unbedingt mit dem Selbstbau eines Grid-Dip-Meters beginnen. Dieses Gerät kann so universell eingesetzt werden, daß es eigentlich in die Hand eines jeden Radiobastlers gehört. Man mißt damit nicht nur Frequenzen, sondern auch die Resonanzfrequenz von Schwingkreisen und Antennen. Außerdem lassen sich die Werte von Kondensatoren und Spulen damit bestimmen.
Zur weiteren Ausstattung gehören dann z. B. ein Leitungsprüfer, ein Prüfgenerator, ein Röhrenvoltmeter für NF und HF, ein Multivibrator zur Signalerzeugung sowie ein entsprechender Verstärker als Signalverfolger, ein Tonfrequenzgenerator und eine *RLC*-Meßbrücke. Für spezielle Aufgaben benötigt man einen Katodenstrahloszillografen, einen UKW- und Fernsehprüfsender, einen Rauschgenerator u. a.
Einige Bauanleitungen und Schaltungsvorschläge enthält dieses Buch. Weitere Hinweise findet man in den zahlreichen praktischen Bauanleitungen der Fachzeitschriften »radio-fernsehen-elektronik« sowie »FUNKAMATEUR«. Beim Selbstbau von Meßgeräten sollte darauf geachtet werden, daß man eventuell die Stromversorgung für diese Geräte über einen Mehrfachstecker aus dem universellen Stromversorgungsgerät der Grundausrüstung bezieht. Man spart dadurch nicht nur Geld, sondern auch Zeit beim Selbstbau.
Die hier gegebenen Hinweise haben nicht nur Geltung für den ernsthaften Radiobastler, sondern auch für Klubstationen der *Gesellschaft für Sport und Technik*, die ja das Zentrum für die technisch interessierten Jugendlichen bilden sollen.

# 3. Werkzeuge und Werkstoffe in ihrer Anwendung

## 3.1. Welche Werkzeuge benötigen wir

Bevor wir in diesem Abschnitt näher auf die einzelnen Werkzeuge eingehen, wollen wir kurz 3 Normen für Werkzeugausrüstungen aufstellen.

*Norm 1*

Diesen Werkzeugsatz kann man als den unbedingt notwendigen ansehen. Er ist für Radiobastler gedacht, die erst anfangen und nur ab und zu ein funktechnisches Gerät bauen.

*Norm 2*

Für den fortgeschrittenen Radiobastler, der auch hin und wieder eine Bauanleitung verfaßt, sind einige Werkzeuge mehr notwendig. Diese werden nach und nach angeschafft.

*Norm 3*

Diese Norm gilt für die Werkzeugausrüstung von Amateurfunk-Klubstationen. Die Beschaffung ist meist durch den Patenbetrieb möglich, der entsprechende Werkzeuge zur Verfügung stellt. Außerdem sieht in den meisten volkseigenen Betrieben der Betriebskollektivvertrag oder der Jugendförderungsplan finanzielle Mittel für die Unterstützung der GST-Arbeit vor.

Die aufgestellten Normen sind natürlich kein Dogma, sondern lediglich Vorschläge, die man je nach Wunsch und finanziellen Mitteln abwandeln kann. Die einzelnen Normen sind im Tabellenanhang aufgeführt.

### 3.1.1. Prüf- und Meßmittel

Eine wichtige Voraussetzung beim Bearbeiten von Werkstücken ist die Einhaltung der durch eine Zeichnung festgelegten Abmessungen. Daher muß vor, während und nach der Bearbeitung das Werkstück gemessen werden. Diese Prüfung auf Maßhaltigkeit erfolgt mit Meßwerkzeugen. Die Einhaltung der in einer Bauanleitung geforderten Abmessun-

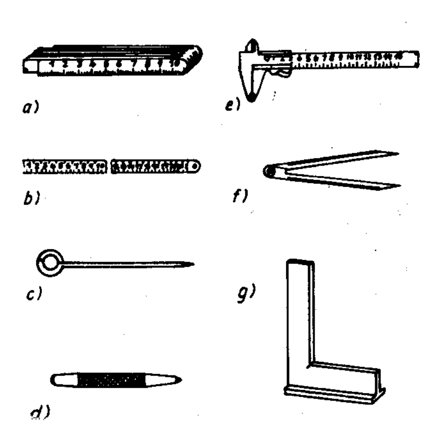



Bild 3.1
Meß- und Anreißmittel; Gliedermaßstab (a), Stahlmeßband (b), Reißnadel (c), Körner (d), Schieblehre (e), Spitzzirkel (f), Anschlagwinkel (g)

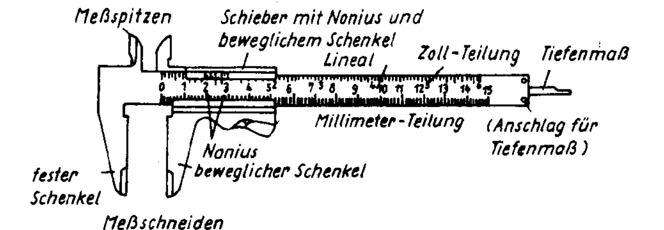



Bild 3.2
Einzelheiten an der Schieblehre

gen gibt die Gewähr, daß alle Teile nach ihrer Fertigstellung auch zusammenpassen. Wenn man sich also durch korrektes Messen von der richtigen Ausführung der Arbeit überzeugt, so werden Pannen vermieden. Es ist deshalb erforderlich, daß man seine Meßmittel pfleglich behandelt. Bild 3.1 zeigt verschiedene Meßmittel, die in der Praxis angewendet werden.

Für die Längenmessung benutzt man dünne Stahlmeßbänder, die im Handel in den Längen 300 mm und 500 mm erhältlich sind. Auf der unteren Teilung kann man Maße auf den Millimeter genau bestimmen, während die obere Teilung sogar von 0,5 mm zu 0,5 mm geht; dadurch ist es möglich, bequem ein Maß von z. B. 62,5 mm abzulesen. Für größere Längen nimmt man Rollstahlmeßbänder (Länge 2 m), die in einer Hülse zusammengerollt werden. Diese Rollmeßbänder sind oben und unten mit einer Millimeterteilung versehen.

Gliedermaßstäbe aus Holz, Stahl oder Leichtmetall verwendet man nur zu orientierenden Messungen, weil sie mitunter erhebliche Differenzen aufweisen. Die Messung mit dem dünnen Stahlmeßband erfolgt fast parallaxenfrei, da die Teilung unmittelbar auf der zu messenden Fläche aufliegt. Bei stärkeren Linealen muß man diesen Punkt besonders beachten. Meßlineale, bei denen die Teilung auf eine Fase eingraviert ist, sind in diesem Fall günstiger.

Fast als Universalmeßwerkzeug kann die Schieblehre gelten. Mit ihr lassen sich neben Längen und Dicken auch Außen- und Innendurchmesser sowie Tiefenmaße bestimmen. Bild 3.2 zeigt eine Schieblehre, die sowohl eine metrische als auch eine Zollteilung hat.

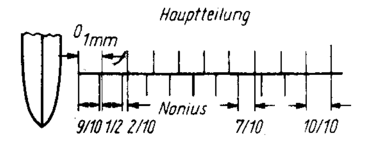



Bild 3.3
Ansicht der Noniusskale bei geschlossenen Schenkeln der Schieblehre

Mit der Schieblehre können Messungen bis auf $^1/_{10}$ mm genau ausgeführt werden. Zu diesem Zweck ist der Nonius auf der Fase über der metrischen Teilung eingraviert. Der 9 mm lange Nonius wurde in 10 gleiche Teile geteilt. Stehen die Schenkel beieinander, so ergibt sich eine Einstellung nach Bild 3.3. Mißt man die Dicke eines Werkstückes, so

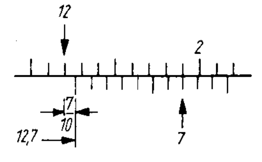



Bild 3.4
Schieblehren-Meßbeispiel für das Maß 12,7 mm

bestimmt man zunächst die Anzahl der ganzen Millimeter. Diese Zahl liest man links vom Nullstrich des Nonius auf der Hauptteilung ab. Die Zehntelmillimeter werden bestimmt, indem festgestellt wird, welcher Noniusstrich sich mit einem Teilstrich der Hauptteilung deckt. Beim 5. Teilstrich des Nonius ist das abgelesene Millimetermaß um $^5/_{10}$ mm größer; beim 8. Noniusstrich ist das abgelesene Maß $^8/_{10}$ mm größer. Bild 3.4 zeigt ein Meßbeispiel für das Maß 12,7 mm. Für sehr genaue Messungen wird die Meßschraube verwendet. Sie erlaubt Messungen mit einer Genauigkeit von $^1/_{100}$ mm. Bei einer Steigung der Gewindespindel von 0,5 mm enthält die Feinskale auf der Außenhülse 50 Skalenteile. Jeder Teilstrich bedeutet $^1/_{100}$ mm.

Zum Prüfen von rechten Winkeln, Ebenen, Kanten und zum Anreißen senkrecht aufeinanderstoßender Linien verwendet man einen Anschlagwinkel. Zum Anreißen wird eine Reißnadel benutzt, deren Spitze gehärtet ist. In dem Werkstoff hinterläßt die Reißnadel einen geringfügigen Riß. Das muß man bei weichen Werkstoffen beachten. Deshalb werden Aluminiumbleche grundsätzlich nur mit einem weichen Bleistift angerissen; es kann sonst passieren, daß das Aluminiumblech beim Biegen an der Rißlinie bricht. Beim Anreißen wird die Reißnadel in der Bewegungsrichtung etwas geneigt.

Bohrungen und Rißlinien, die bei der Bearbeitung des Werkstückes verwischt werden können, sind anzukörnen. Der Winkel der Körnerspitze beträgt etwa 60°. Mit einem Hammer von 200 g erhält der Körner nach dem Aufsetzen einen leichten, kurzen Schlag. Er hinterläßt im Werkstoff eine entsprechende Vertiefung. Bei Bohrlöchern kann man bequem in dieser Vertiefung den Bohrer ansetzen. Für das Anreißen von Kreisen verwendet man einen Spitzzirkel mit gehärteten Spitzen. Der Kreismittelpunkt wird angekörnt.

### 3.1.2. Spannwerkzeuge

Zu den Spannwerkzeugen zählt in erster Linie der Schraubstock. In diesen wird das Werkstück zur Bearbeitung eingespannt. Grundsätzlich werden nur Schraubstöcke mit Parallelführung verwendet. Die Stahlbacken dieser Schraubstöcke bewegen sich stets parallel zueinander und halten dadurch das Werkstück gleichmäßig fest. Zur Schonung des Werkstückes legt man Backen aus Aluminium, aus Blei oder aus Holz ein. Das Einspannen von Werkstücken, die auf einer Maschine bearbeitet werden sollen, erfolgt mit einem Maschinenschraubstock. Für das Einspannen und Festhalten kleinerer Werkstücke benutzt man einen Feilkloben, dessen Backen durch Flügelmutter und Blattfeder verstellt werden können. Bild 3.5 zeigt verschiedene Spannwerkzeuge.

Die Zangen mit ihren vielfältigen Formen (Bild 3.6) gehören ebenfalls zu den Spannwerkzeugen. Flach- und Schnabelzangen nimmt man zum Biegen und zum Festhalten kleinerer Teile. Mit der Rundzange lassen sich Drähte und Blechstreifen biegen. Meist benutzt man sie zum Biegen von Ösen an

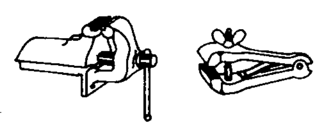


Bild 3.5
Spannwerkzeuge; links Parallelschraubstock, rechts Feilkloben

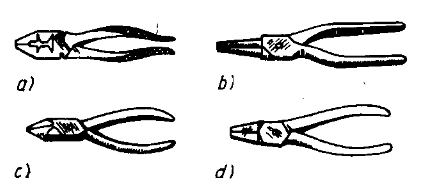



Bild 3.6
Zangenformen; Kombinationszange (a), Rundzange (b), Seitenschneider (c) und Flachzange (d)

Drahtenden, wenn diese durch Schrauben festgehalten werden sollen. Viel verwendet wird die Kombinationszange, die eine Kombination von Flach- und Rohrzange mit einem Seitenschneider darstellt. Für die Anwendung in der Elektrotechnik ist die Kombinationszange (auch Kombizange genannt) gummiisoliert.

### 3.1.3. Trennwerkzeuge

Das Trennen von Werkstücken kann auf verschiedene Art geschehen, z. B. durch Meißeln, Schneiden oder Sägen. Zum Meißeln verwendet man den Flachmeißel, für schmale Nuten den Kreuzmeißel. Die Meißel werden aus zähem Werkzeugstahl hergestellt. Beim Flachmeißel sind Schaft und Schneide gleich breit. Der Keilwinkel liegt zwischen 40° und 60°. Zum Trennen von Blechen oder anderem dünnen Material benutzt man eine Handblechschere. Diese Arbeit ist zeit- und kraftsparend, da die Hebelwirkung an den beiden Schenkeln der Schere ausgenutzt wird. Man verwendet für die Handblechschere die Berliner Form, die sich durch lange, gerade Schneiden auszeichnet. Beim Einkauf sollte darauf geachtet werden, daß die Hubbegrenzung vorn liegt und nicht am hinteren Ende der Schenkel. Dort klemmt man sich oft beim schnellen Schließen der Schere den Handballen ein. Bild 3.7 zeigt einige Trennwerkzeuge. Zum Trennen oder Aussägen kleiner Öffnungen bei dünnen Blechen oder Isolierstoffen kann sehr gut die aus den Jugendjahren herübergerettete Laubsäge dienen. Man muß nur die entsprechenden Laubsägeblätter verwenden. Bei weicheren Werkstoffen kann die Sägezahnanzahl des Laubsägeblattes geringer sein als bei härteren Werkstoffen. Aber bei stärkeren Werkstücken versagt die Laubsäge auf Grund ihres feinen Sägeblattes. Man benutzt dann eine Handbügelsäge, in die ein meist 2seitiges Sägeblatt eingespannt

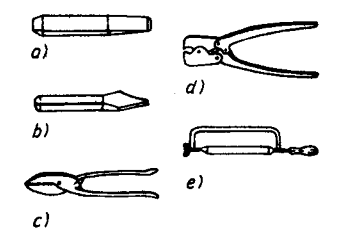


Bild 3.7
Trennwerkzeuge; Flachmeißel (a), Kreuzmeißel (b), Handblechschere (c), Hebelvornschneider (d), Handbügelsäge (e)

wird. Um zu verhindern, daß bei größeren Schnitten die Säge klemmt, werden die Sägeblätter entweder gestaucht, gewellt oder geschränkt. Die Aufnahmestücke für das Sägeblatt sind kreuzweise geschlitzt, so daß man das Sägeblatt in 2 senkrecht zueinander stehende Richtungen einspannen kann. Über einen Spanner mit Flügelmutter kann das Sägeblatt gespannt werden.
Das Trennen von Drähten erfordert einen Seitenschneider. Da dieser für das Trennen von Kupfer- bzw. Aluminiumdrähten ausgelegt ist, sollte man das Kürzen von zu langen Schrauben mit dem Seitenschneider unterlassen. Dafür verwendet man besser den sogenannten Hebelvornschneider, bei dem ein 2. Gelenk das Übersetzungsverhältnis zu den Schneidbacken vergrößert. Außerdem haben die Schneidbacken des Hebelvornschneiders eine stärkere Schneide als der Seitenschneider.

### 3.1.4. Schlagwerkzeuge

Für unsere Arbeiten genügen ein Hammer von 200 g und einer von 500 g. Beim Schlagen haben die auftretenden Fliehkräfte das Bestreben, den Hammer vom Stiel zu ziehen. Deshalb muß man darauf achten, daß der Hammer fest verkeilt auf dem Stiel sitzt. Zum

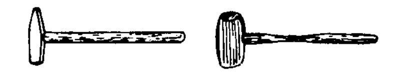


Bild 3.8
Schlagwerkzeuge; links Schlosserhammer und rechts Holzhammer

Richten von Blechen soll man keinen gewöhnlichen Hammer benutzen, da durch das Schlagen das Blech gestreckt wird. Zum Richten verwendet man deshalb einen Holzhammer aus Weißbuche oder einen Einsatzhammer mit einem Einsatz aus Plast. Bild 3.8 zeigt einige Schlagwerkzeuge.

### 3.1.5. Feilen

Um ein Werkstück auf das genaue Maß zu bringen, Trennstellen nachzuarbeiten, Kanten zu entgraten oder zu runden, verwendet man die Feile. Sie besteht aus dem Blatt und der Angel. Ein vorgebohrtes Heft wird auf die Angel gepreßt, wodurch sich die Feile gut handhaben läßt. Das Heft muß fest auf der Feile sitzen, damit man sich nicht die Hand an der spitzen Angel verletzt. Die verschiedenen Feilen unterscheiden sich einmal in der Hiebweite, zum anderen in der Form des Blattes (Bild 3.9). Die verschiedenen Hiebweiten gliedern sich in

Grobhieb,
Bastardhieb,
Grobschlichthieb,
Schlichthieb,
Feinschlichthieb.

Je kleiner die Hiebweite, um so feiner die beim Feilen erzeugten Bearbeitungsriefen. Man unterscheidet zwischen Einhiebfeilen, Doppelhiebfeilen, gefrästen Feilen und Feilen mit Raspelhieb. Für die Bearbeitung von Kupfer und Leichtmetallen verwendet man Einhiebfeilen oder gefräste Feilen. Harte Metalle wie Stahl oder Gußeisen sowie Pertinax bearbeitet man mit der Doppelhiebfeile. Die Raspelfeile setzt man bei Holz oder Leder ein. Diese Feilen werden in verschiedenen Größen hergestellt. Kleine Feilen, die nicht mit einer Angel enden, sondern in einem Rundstab auslaufen, nennt man Nadelfeilen. Das Säubern der Feilen geschieht mit einer Feilenbürste. Festsitzende Späne soll man nie mit einer Reißnadel entfernen, sondern dazu ein Stück Messing- oder Aluminiumblech verwenden.

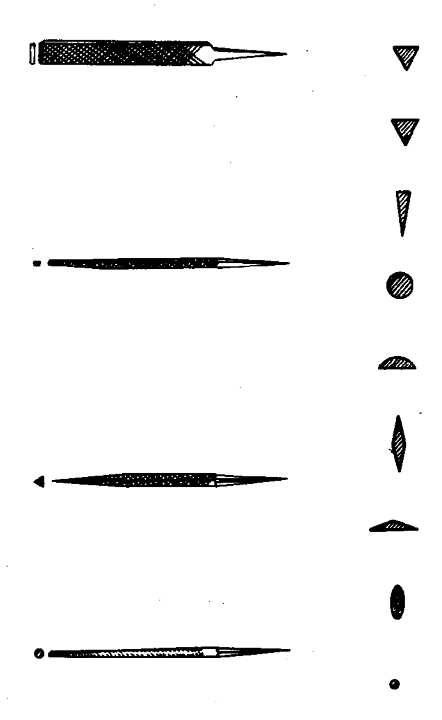


Bild 3.9
Verschiedene Feilenquerschnittsformen;
rechts von oben nach unten: Dreikantfeile, Sägefeile, Messerfeile, Rundfeile, Halbrundfeile, Schwertfeile, Barettfeile, Vogelzungenfeile, Nadelfeile

### 3.1.6. Bohrwerkzeuge

Das einfachste Bohrwerkzeug, das wir allerdings nur bei Holz verwenden können, ist der Nagelbohrer. An der Spitze hat er ein Holzschraubengewinde, das beim Einschrauben in das Holz das axial angeordnete Messer nachzieht. Aus unserer Kinderzeit ist auch bestimmt der Drillbohrer bekannt, den wir allerdings nur bei dünnen Werkstoffen einsetzen können. Zu den einfachen Bohrmaschinen zählt noch die Bohrwinde (Brustleier), die entweder ein Bohrfutter hat oder für Bohrer mit Vierkantschaft ausgelegt ist. Bei den Handbohrmaschinen unterscheidet man 2 Typen. Die einfache Handbohrmaschine hat nur eine Bohrgeschwindigkeit und ein offenes Kegelradgetriebe; bei ungeschickter Handhabung kann man sich an diesem Getriebe leicht verletzen. Wesentlich vorteilhafter sind die Handbohrmaschinen mit Zweiganggetriebe. Der Wechsel der Bohrgeschwindigkeit erfolgt bei den meisten Konstruktionen durch Umwechseln der Handkurbel und des Haltegriffs. Diese Handbohrmaschinen gibt es bis zu einem Bohrdurchmesser von 6 mm, 10 mm oder 13 mm.

Mit wesentlich größeren Bohrgeschwindigkeiten arbeitet die elektrische Handbohrmaschine. Meist ist sie auf 2 Geschwindigkeiten umschaltbar; die Größe geht bis zu einem Bohrerdurchmesser von 25 mm. In Verbindung mit einem Bohrständer läßt sich die elektrische Handbohrmaschine zur Tischbohrmaschine erweitern, mit der wesentlich genauere Bohrungen hergestellt werden können. Beim Arbeiten mit der elektrischen Handbohrmaschine ist darauf zu achten, daß stets eine Schutzerde benutzt wird (Schukobetrieb). Bild 3.10 zeigt einige Bohrmaschinen. In Klubstationen ist oft eine elektrische Tischbohrmaschine vorhanden. Die Umschaltung der Bohrgeschwindigkeit erfolgt bei modernen Tischbohrmaschinen durch eine Umschaltung des Getriebes oder des Motors. Ältere Ausführungen haben einen Riemenantrieb mit Riemenscheiben verschiedenen Durchmessers.
Zum Einspannen des Bohrers dient ein Dreibacken-Bohrfutter. Die 3 um 120° versetzten Backen werden beim Spannen fest an den zylindrischen Schaft des Bohrers gepreßt, wodurch der Bohrer gleichzeitig zentriert wird. Um ein Nachrutschen des Bohrers während des Bohrens zu verhindern, ist

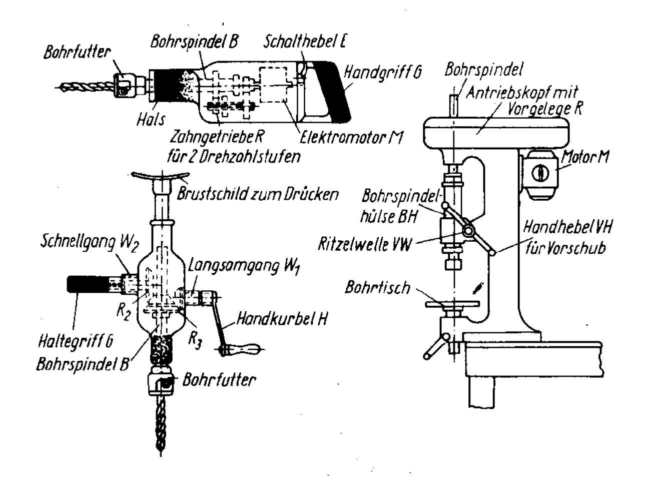



Bild 3.10
Bohrmaschinen; links oben elektrische Handbohrmaschine für 2 Drehzahlen, links unten Handbohrmaschine für 2 Drehzahlen und rechts Tischbohrmaschine mit mehreren Bohrgeschwindigkeiten

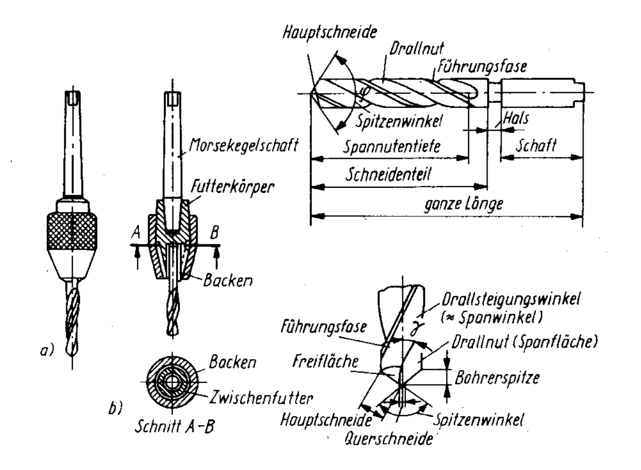



Bild 3.11
Bohrwerkzeuge; links Dreibacken-Bohrfutter mit konischem Schaft, rechts oben Spiralbohrer mit Bezeichnung der Einzelheiten und rechts unten die Bohrerspitze mit den entsprechenden Winkeln

der Bohrer bis zum Anschlag in das Bohrfutter einzuspannen. Bild 3.11 zeigt das Bohrfutter und den Spiralbohrer.

Zum Herstellen der Bohrungen selbst wird der Spiralbohrer verwendet. An der unteren Seite des Bohrers befinden sich die beiden Hauptschneiden. In den unteren Schaftteil des Bohrers sind 2 Drallnuten eingefräst, die zur Abführung der beim Bohren entstehenden Späne dienen. Damit der Umfang des Bohrers nicht an der Bohrlochwandung reibt, wird der Außenmantel bis auf eine schmale Führungsfase hinterschliffen. Das richtige Anschleifen des Spiralbohrers ist eine Kunst für sich. Beide Hauptschneiden müssen gerade verlaufen und hinterschliffen sein, damit der Bohrer nicht quetscht. Der Spitzenwinkel, den die beiden Hauptschneiden miteinander bilden, ist für verschiedene Werkstoffe unterschiedlich groß (Bild 3.11).

| | |
|---|---|
| Aluminiumlegierungen | 130° bis 140° |
| Messing (Ms 58, Ms 60) | 130° |
| Kupfer, Messing (Ms 80, Ms 90) | 120° bis 125° |
| Stahl, Grauguß | 116° bis 118° |
| Hartpapier | 80° bis 90° |
| nichtgeschichtete Preßstoffe, Trolitul | 50° bis 60° |
| Hartgummi | 30° bis 40° |

Beim Senken beträgt der Spitzenwinkel für Senk- und Linsensenkschrauben 90°, für Senknieten 75°. Die Senktiefe kann bei Tischbohrmaschinen mit einem verstellbaren Anschlag festgelegt werden.

Zum Herstellen von größeren runden Durchbrüchen bei Blechen verwendet man den Kreisschneider. Er wird mit seinem Schaft wie ein Spiralbohrer eingespannt. An einem Querbalken sitzt ein kleiner Drehstahl, der aus dem Blech eine entsprechende, kreisförmig verlaufende Nut ausspant.

Bild 3.12 zeigt eine Maßskizze für einen Kreisschneider, den man selbst herstellen kann, und zwar aus einfachem Baustahl. Der Schaft, der in das Bohrfutter gespannt wird, ist 50 mm lang und hat einen Durchmesser von 10 mm. Das untere Schaftende ist 20 mm stark und enthält unten einen zentrisch sitzenden, 5 mm starken Führungsstift. In einer Bohrung von 10 mm Durchmesser befindet sich der Stahlhalter. An einem Ende des Stahlhalters sitzt in einer 5,1-mm-Bohrung der Schneidstahl.

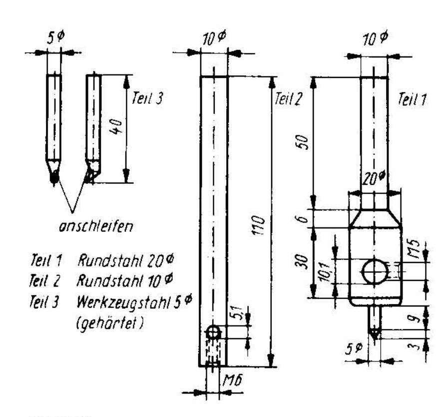



Bild 3.12
Maßskizze für einen Kreisschneider

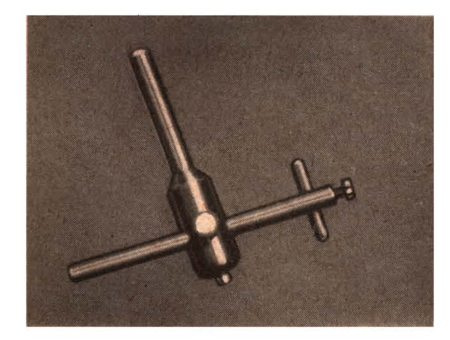


Bild 3.13
So sieht der fertige Kreisschneider aus

Zu diesem Kreisschneider gehören 2 Schneidstähle: einer für Kunststoffe und weiches Metall mit einem Schnittwinkel von 45°, einer für härtere Metalle mit einem Schnittwinkel von 70°. Die Schneidstähle lassen sich härten, indem man sie in glühendem Zustand in Öl abschreckt. Anschließend werden sie noch einmal kurz überschliffen, und der Kreisschneider ist einsatzbereit. Bild 3.13 zeigt die Ausführung dieses Kreisschneiders.

Eine andere Möglichkeit zur einfachen Herstellung größerer Löcher in Blechen besteht in der Anwendung eines Stanzwerkzeugs (Lochstanze), das mit einem Schraubenschlüssel gespannt wird. Bild 3.14 zeigt die Maßskizze für dieses dreiteilige Stanzwerkzeug.

Für jeden Lochdurchmesser muß ein passendes Stanzwerkzeug benutzt werden. Bei Elektrolytkondensatoren mit Schraubfassung benötigt man einen Lochdurchmesser von 16 mm, für Röhrenfassungen solche von 22 mm (Miniatur), 30 mm (Oktal) und 38 mm (Stahlröhren).

Mit dem Stanzwerkzeug arbeitet man wie folgt: Teil 2 wird in einen Schraubstock mit den abgefeilten Flächen eingespannt. Darauf kommt das Blech, das entsprechend der Schraube eine Bohrung an der Stelle hat, wo das Loch ausgestanzt werden soll. Darüber legt man den Teil 1, steckt die Schraube 3 durch und schraubt sie in den Teil 2 ein. Der eigentliche Stanzvorgang wird durch festes Eindrehen der Schraube mit einem Schraubenschlüssel durchgeführt. Damit der Stempel gut trennt, ist er etwas hohlgeschliffen. Um das ausgestanzte runde Blech aus dem Teil 1 zu entfernen, enthält dieses eine Bohrung; dort schlägt man es mit einem Stift heraus.

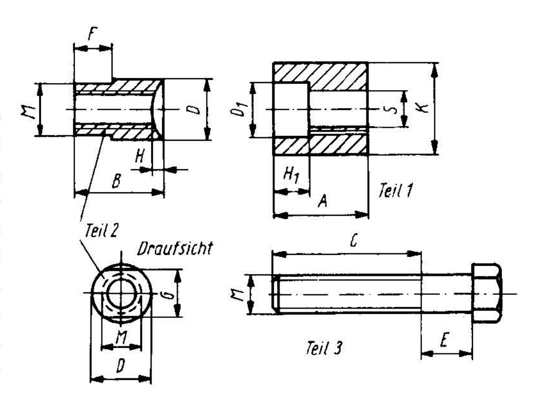



Bild 3.14
Maßskizze für ein dreiteiliges Stanzwerkzeug

### 3.1.7. Gewindeschneidwerkzeuge

Bei den Gewinden unterscheidet man zwischen Außengewinden (z. B. Schrauben) und Innengewinden (z. B. Muttern). Im Rahmen dieses Buches interessiert uns nur das Gewindeschneiden von Hand. Außengewinde werden mit ringförmigen Schneideisen geschnitten, die in einem Schneideisenhalter eingespannt sind. Das Schneideisen kann man als eine Mutter ansehen, bei der das Gewinde durch Aussparungen in kleine Schneidstähle aufgeteilt wurde. Für jede Gewindeform und -größe muß ein anderes Schneideisen verwendet werden. Da uns nur die metrischen Gewinde interessieren, trägt das Schneideisen für ein 3-mm-Außengewinde die Bezeichnung »M 3«. Im Gegensatz zum Arbeiten mit dem Gewindebohrer wird das Außengewinde in einem Arbeitsgang fertiggeschnitten.
Das Innengewinde schneidet man mit Gewindebohrern in ein vorgebohrtes Loch. Da die Spanabfuhr ungünstiger ist als beim Schneiden eines Außengewindes, wird das Innengewinde in 3 Arbeitsgängen geschnitten. Der Vorschneider nimmt etwa 60% des zu entfernenden Werkstoffes weg, der Mittelschneider etwa 30%. Der Fertigschneider bringt das Innengewinde auf das Nennmaß. Die Gewindebohrer haben am oberen Schaftende einen Vierkant, auf den das zum Drehen notwendige Windeisen aufgesetzt wird. Am besten eignet sich dazu ein verstellbares Windeisen, bei dem der Gewindebohrer immer in der Mitte sitzt, so daß gleich lange Hebelarme die Drehbewegung hervorrufen. Im Grunde genommen stellt der Gewindebohrer eine Schraube dar, bei der Nuten zur Spanabfuhr eingefräst sind. Vor-, Mittel- und Fertigschneider tragen zu ihrer Kennzeichnung entweder die Zahlen 1 bis 3 oder eine entsprechende Anzahl Ringe am oberen Schaftende. Beim Schneiden von nicht zu langen Gewinden

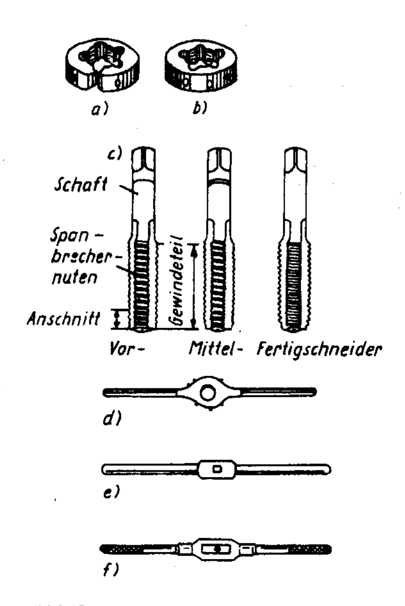



Bild 3.15
Gewindeschneidwerkzeuge; offenes Schneideisen (a), geschlossenes Schneideisen (b), ein kompletter Satz Gewindebohrer (c), Schneideisenhalter (d), Einlochwindeisen (e), verstellbares Windeisen (f) für Gewindebohrer

in Durchgangslöcher kann man den Maschinengewindebohrer verwenden, bei dem Vor-, Mittel- und Fertigschneider hintereinander auf einem Schaft sitzen. Dadurch ist es möglich, das Innengewinde in einem Arbeitsgang zu schneiden. Bild 3.15 zeigt diese Gewindeschneidwerkzeuge.

### 3.1.8. Nietwerkzeuge

Während das Verschrauben eine jederzeit lösbare Verbindung darstellt, zählt die Nietverbindung zu den unlösbaren Verbindungen. Nur durch Zerstörung des Verbindungsteiles (z. B. Aufbohren) läßt sich die Nietverbindung wieder lösen. Während man bei einer Nietverbindung mit beiderseits einem Senkkopf nur einen Hammer und

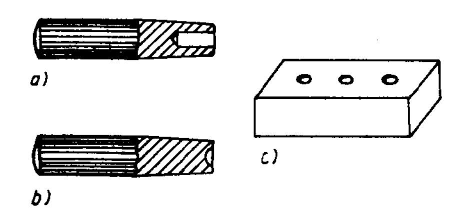



Bild 3.16
Nietwerkzeuge; Nietzieher (a), Nietkopfsetzer (b), Gegenhalter (c) zum Einspannen in den Schraubstock

eine glatte, ebene Unterlage benötigt, sind bei Nietverbindungen mit halbrunden Köpfen einige Werkzeuge notwendig, wie sie Bild 3.16 zeigt.
Mit dem Nietenzieher werden die zu verbindenden Teile aneinandergepreßt. Der Gegenhalter enthält eine Senkung, die den am Niet befindlichen Setzkopf aufnimmt, damit er sich bei der Nietung nicht verformt. Mit dem Kopfsetzer wird dann der Schließkopf der Nietverbindung geformt. Die Schaftlänge des verwendeten Nietes soll daher nur so weit überstehen, daß der Schließkopf gebildet werden kann. Diese Zugabe $z$ beträgt für den Nietdurchmesser $d$

Halbrundkopf $z = 1{,}5\,d$,
Senkkopf $z = 0{,}9\,d$.

Der Senkkopfniet hat einen Senkwinkel von 75°. Da der Niet beim Schlagen gestaucht wird, muß der Bohrdurchmesser etwas größer sein als der Durchmesser des Nietschaftes.

### 3.1.9. Lötwerkzeuge

Zu den wichtigsten Arbeitsvorgängen beim Radiobasteln zählt das Löten. Alle leitenden Verbindungen zwischen den Bauelementen eines funktechnischen Gerätes werden durch eine Lötung hergestellt. Dazu benötigt man ein Lot und einen erhitzten Lötkolben. Beim Löten unterscheidet man zwischen Hartlötung und Weichlötung. Für die Radiopraxis kommt nur die Weichlötung in Frage. Als Lot wird Lötzinn 60 (60 % Zinn, 40 % Blei) verwendet, dessen Schmelzpunkt bei 185 °C liegt. Da bei der Erwärmung der zu lötenden Stelle Oxydation auftritt, die ein Haften der Metalle verhindert, benutzt man ein sogenanntes Flußmittel. Dieses zerstört die Oxidschicht, und das Lot fließt. In der Radiopraxis sollte man unbedingt darauf achten, daß nur säurefreie Flußmittel verwendet werden. Es kommt deshalb als Flußmittel nur reines Kolophonium oder in Spiritus gelöstes Kolophonium in Frage (Mischungsverhältnis 1:1). Für die Radiopraxis gibt es auch Lötzinndrähte, die eine Kolophoniumader enthalten. Dadurch vereinfacht sich die Lötarbeit wesentlich. Für stärker oxydierte und schwer lötbare Stellen kann man zweckmäßig als Flußmittel auch Harnstoff nehmen, der ebenso wie Kolophonium angewendet wird. Harnstoff ist für diese Lötstelle ein ungefährliches, aber intensiveres Flußmittel. Lötkolben gibt es in den verschiedensten Ausführungen. In der Radiopraxis verwendet man einen elektrischen Lötkolben von etwa 40 bis 100 W. Bei diesen Lötkolben heizt eine Heizspirale die Kupferspitze auf ungefähr 250 °C. Die Kupferspitze kann gerade oder gebogen sein. Sie wird vorn in Form einer Schraubenzieherklinge gefeilt. Bei längerem Betrieb kann durch zu große Erwärmung die Kupferspitze leicht verzundern. Durch Nachfeilen oder ständiges Reinigen mit einer Drahtbürste hält man die Kupferspitze sauber. Bei größeren Lötpausen sollte man durch einen Vorwiderstand die Leistungsaufnahme des Lötkolbens verringern. Sauberkeit der Kupferspitze und ihre gute Verzinnung sind maßgebend für eine einwandfreie Lötung. Bekannt ist noch der Hammerlötkolben, der lediglich aus einer gehalterten Kupferspitze besteht. In einem offenen Feuer oder mit einer Lötlampe wird die

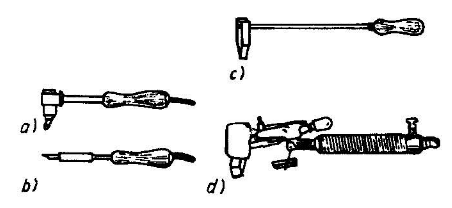



Bild 3.17
Lötwerkzeuge; elektrischer Lötkolben größerer Leistung (a), normaler Radiolötkolben (b), Hammerlötkolben (c), Benzinlötkolben (d)

Kupferspitze zum Löten erwärmt. Diesen Hammerlötkolben verwendet man vorteilhaft bei Portable-Einsätzen, wenn kein elektrischer Anschluß in der Nähe ist. Bild 3.17 zeigt verschiedene Ausführungsformen von Lötkolben.

Mit größeren elektrischen Lötkolben (bis etwa 500 W) bereitet das Löten von Kupferblechen, Messingblechen, Weißblechen oder stark verkupferten Eisenblechen keine Schwierigkeiten. Dagegen muß man bei Aluminiumblech besondere Verfahren anwenden. Infolge der starken Oxidschicht, die sich bei der Erwärmung des Aluminiumbleches sofort bildet, reichen die bekannten Flußmittel wie Lötwasser, Lötpaste oder Kolophonium nicht mehr aus. In neuerer Zeit setzt sich daher immer mehr das Ultraschall-Löten von Aluminiumblech durch, bei dem die Ultraschall-Vibrationen die Oxidhaut zerreißen und das Lot mit dem Aluminiumblech eine innige Verbindung eingehen kann.

Die moderne Ausführung eines Lötwerkzeugs stellt die Lötpistole dar, wie sie z. B. der VEB *Fernmeldewerk* Arnstadt herstellte. Mit einer solchen Lötpistole arbeitet man sehr rationell, da in den Lötpausen kein Strom verbraucht wird. Die Lötbereitschaft ist nach wenigen Sekunden vorhanden, da die Anheizzeit nur 6 bis 8 s beträgt. Die Lötpistole kann allerdings nur bei Wechselstrom 220 V benutzt werden und hat eine Aufnahmeleistung von etwa 55 VA. Durch den eingebauten kleinen Scheinwerfer werden die zu bearbeitenden Lötstellen beleuchtet, gleichzeitig wird angezeigt, daß die Lötpistole eingeschaltet ist. Die Konstruktion der Lötpistole ermöglicht Arbeitsvorgänge für mehrere Lötstellen. Sie ist jedoch nicht für Dauerbetrieb vorgesehen und soll nicht länger als 3 min ohne Unterbrechung in Betrieb bleiben. Bild 3.18 zeigt diese praktische Lötpistole.

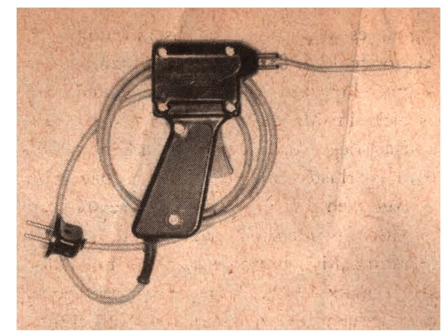


Bild 3.18
Moderne elektrische Lötpistole mit Beleuchtungslampe

## 3.2. Mit welchen Werkstoffen haben wir zu tun

### 3.2.1. Eisenmetalle

Die verwendeten Eisensorten sind Legierungen des Eisens mit verschiedenen anderen Elementen. Man benutzt das Eisen in der Radiopraxis in Form von Blechen, Winkeleisen oder Rundmaterial. Zum Bau von Chassis und Gehäusen wählt man je nach der Beanspruchung Blechstärken zwischen 0,5 und 2 mm. Da Eisen sehr leicht rostet, muß es allseitig mit einer haltbaren Farbe gestrichen werden. Besser ist es, das Eisenblech galvanisch, z. B. durch Verkupfern oder Kadmieren, behandeln zu lassen. Da Eisen magnetische Eigenschaften aufweist,

eignet es sich gut zur Abschirmung von Magnetfeldern. Allerdings muß man bei der Verwendung von Eisen darauf achten, daß es nicht im Magnetfeld von Hochfrequenzkreisen liegt; dabei würden unkontrollierbare Verluste entstehen. Beim Bau von Netzgeräten und Niederfrequenzverstärkern ist Eisen in jedem Fall angebracht.
Siliziumhaltige Eisenbleche bezeichnet man als Dynamo- oder Transformatorenbleche. Sie werden als Kernmaterial (M-Schnitt, E/I-Schnitt) für Netztransformatoren, NF-Übertrager, Siebdrosseln usw. verwendet. Eisenlegierungen mit Aluminium, Nickel und Kobalt bilden magnetische Werkstoffe für Permanentmagneten, z. B. für Lautsprecher (Alnico).
Infolge der mit der Frequenz steigenden Wirbelstromverluste nimmt man für Hochfrequenzspulen Massekernwerkstoffe, die aus feinkörnigem Eisenpulver und Isolier-Bindemitteln bestehen. Diese Massekerne werden in den verschiedensten Formen im Spritz- oder Preßverfahren hergestellt. In neuerer Zeit verwendet man an Stelle von Eisenpulver sogenannte Ferrite. Ferrite sind magnetische, nichtmetallische Kristalle, die eine Verbindung von dreiwertigem Eisenoxid ($Fe_2O_3$) mit einem oder mehreren Oxiden zweiwertiger Metalle darstellen. Der Vorteil der Ferrite liegt in der geringen elektrischen Leitfähigkeit, so daß die Wirbelstromverluste gering sind. Durch die höhere Permeabilität ist auch die Spulengüte groß, da die wenigen notwendigen Windungen den Kupferverlust geringhalten.

### 3.2.2. Nichteisenmetalle

Die wichtigsten in der Radiopraxis verwendeten Nichteisenmetalle sind das Aluminium und seine Legierungen. Infolge seines geringen spezifischen Gewichtes zählt Aluminium zu den Leichtmetallen. Es wird vorwiegend zum Bau von Chassis und Einzelteilen in den Stärken von 1,5 mm bis 3 mm verwendet. Für den Antennenbau im UKW- und Fernsehbereich braucht man Aluminiumrohre. Reinaluminium wird in der Elektrotechnik auch an Stelle von Kupfer als Leitermaterial benutzt. Da man Aluminium nicht ohne besondere Hilfsmittel löten kann, werden in der Radiopraxis kaum Aluminiumdrähte eingesetzt. Elektrische Verbindungen – z. B. an Chassis – aus Aluminium stellt man durch Verschraubung her.
Bei allen metallischen Verbindungen von verschiedenartigen Werkstoffen muß man auf die dabei auftretende Kontaktkorrosion achten. Je nach der Stellung der verwendeten Metalle in der elektrolytischen Spannungsreihe bildet sich im Freien oder Feuchten, durch Korrosion hervorgerufen, ein Spannungspotential. Während Verbindungen von Aluminium und Eisen oder Zink möglich sind, soll man Aluminium und Kupfer nicht direkt zusammenbringen. Für den Chassisbau verwendet man ein mittelhartes Aluminiumblech. Das unter dem Namen Duraluminiumblech bekannte Blech muß vor dem Biegen erwärmt werden, da es sonst bricht.
Fast ebenso vielseitig wie Aluminium ist die Anwendung von Kupfer in der Radiopraxis. Auf Grund des guten elektrischen Leitvermögens wird es in erster Linie als Leitermaterial verwendet. So als Kupferlackdraht für Transformatoren, als Schaltdraht für funktechnische Geräte, als Koaxialkabel oder Bandleitung für Antennen, als HF-Litze für Hochfrequenzspulen usw. Da Kupfer sich gut löten läßt, benutzt man es auch gern für dichte Abschirmungen. Billiger ist Messingblech, das sich ebensogut löten läßt. Messing stellt eine Kupfer-Zink-Legierung dar. Federhartes Messingblech (63% Kupfer, 37% Zink) verwendet man als federndes Kontaktmaterial für Wellenschalter, Relais usw.

Silber kommt nur in Form von galvanischen Überzügen vor. Bekanntlich ist die elektrische Leitfähigkeit von Silber noch besser als die von Kupfer. Im Bereich der höheren Frequenzen (KW und UKW), wo die Stromverdrängung infolge des Skineffekts bereits eine Rolle spielt, verwendet man versilberte Kupferspulen. Den Vorgang kann man sich so vorstellen, daß der hochfrequente Wechselstrom nur auf der Oberfläche des Leiters fließt. Wird dieser Leiter versilbert, so hat man die Gewähr für eine gute elektrische Leitfähigkeit. In der Dezimetertechnik geht man sogar so weit, die Lechersysteme aus versilberten Keramikrundstäben aufzubauen, da im Innern sowieso kein Energietransport stattfindet. Widerstandsdrähte, wie sie bei Drahtwiderständen, Meßwiderständen oder Schiebewiderständen verwendet werden, z. B. Nickelin, Manganin, Konstantan, sind Legierungen aus Kupfer, Nickel und Mangan.

### 3.2.3. Nichtmetallische Werkstoffe

Die nichtmetallischen Werkstoffe haben den Vorteil, daß sie, elektrisch gesehen, Nichtleiter sind. Man bezeichnet sie daher landläufig auch als Isolierstoffe. Das trifft allerdings nicht in jedem Fall zu, es ergeben sich dabei allerhand Überraschungen. So kann z. B. schwarzer Gummi, wie man ihn zur Isolierung des Fußbodens verwendet, besser leitend sein, als man allgemein annimmt. Ist nämlich der Gummi mit Ruß geschwärzt, so stellt die Gummiplatte praktisch einen Kohlewiderstand dar. Auch mancher Sendeamateur kann Wunderdinge über das Verhalten solcher »Isolierstoffe« berichten. Also muß man bei der Anwendung von Isolierstoffen beachten, für welche Zwecke sie benutzt werden sollen.
Einer der bekanntesten nichtmetallischen Werkstoffe ist Pertinax oder Hartpapier. Papierbahnen werden zuerst mit einem Kunstharz getränkt und getrocknet, anschließend je nach der Stärke des Pertinax unter hoher Temperatur und hohem Druck zusammengepreßt. Man erhält auf diese Weise Pertinaxplatten. Ähnlich geht auch die Fertigung von Pertinaxrohren vor sich. Dieses Hartpapier gibt es in den Klassen I bis IV. Für Sonderzwecke wird ein tropenfestes Pertinax hergestellt. Bei der Anwendung von Pertinax ist darauf zu achten, daß es Feuchtigkeit aufnimmt. Wird statt Papier ein Gewebe verpreßt, so spricht man von Hartgewebe, Handelsname *Novotext*.
Zu den künstlichen Isolierstoffen zählen Polystyrol (Trolitul) und Piacryl. Während Polystyrol sehr gute dielektrische Eigenschaften aufweist, ist das bei Piacryl nicht der Fall. Polystyrol bildet die Grundlage für Trolitul und für Styroflex. Die Styroflexfolie wird vor allem zur Herstellung von Kondensatoren verwendet, während man Trolitul für Bauteile der Hochfrequenztechnik (Spulenkörper usw.) und für Koaxialkabel benutzt. Trolitulreste soll man nicht wegwerfen, da sie, in Benzol aufgelöst, einen hochwertigen, verlustfreien Klebstoff ergeben. Trolitul und Piacryl werden in verschiedenen Plattenstärken gehandelt. Bei der Bearbeitung ist darauf zu achten, daß diese künstlichen Isolierstoffe thermoplastisch sind. Da Piacryl keine guten dielektrischen Eigenschaften aufweist, verwendet man es für Skalenzeiger, Skalenfenster usw.
Ein sehr hochwertiger Isolierstoff ist Keramik, z. B. Calit oder Frequenta. Leider läßt sich dieses Material nicht ohne weiteres bearbeiten. Deshalb kann der Bastler es nur in Form von Fertigteilen benutzen. Wo es also auf eine hohe Verlustfreiheit und Wärmebeständigkeit ankommt, verwendet man Röhrensockel, Klemmleisten, Lötstützpunkte, Spulenkörper usw. aus Keramik. Keramische Massen bilden auch das Dielektrikum der Hochfrequenz-Rohrkondensatoren und Trimmer.

### 3.2.4. Hilfsstoffe

Zu den Hilfsstoffen zählen in der Bastelpraxis die zum Schmieren, Kühlen, Schleifen oder Reinigen benötigten Stoffe. So muß ab und zu das Getriebe der Handbohrmaschine geölt werden. Als Öl sollte man nur ein gutes Maschinenöl verwenden (Nähmaschinenöl), das harz- und säurefrei ist. Das gleiche gilt für eventuell zu verwendende Schmierfette. Bei Bohrarbeiten mit schnell laufenden Bohrmaschinen ist für eine Kühlung des Bohrers zu sorgen, damit er nicht ausglüht. Dazu nimmt man Wasser, Öl oder Spiritus. Um Aluminium-, Holz- oder Pertinaxflächen ein gefälliges Aussehen zu geben, schleift man sie mit Schmirgelleinen oder Sandpapier. Wenn man eine Aluminiumfläche mit Lackfarbe streichen will, beseitigt man vorher durch Schleifen mit Schmirgelleinen alle Kratzer. Schmirgelleinen und Sandpapier gibt es in den verschiedensten Rauhigkeitsgraden. Einige Bogen sollten immer vorrätig sein. Will man einzelne Teile entfetten, z. B. vor dem Anstreichen, so verwendet man »Tri« (Trichloräthylen) oder »Tetra« (Tetrachlorkohlenstoff). Lötstellen, wie Röhrensockel oder Lötösenleisten, reinigt man mit Spiritus von Kolophoniumresten.

## 3.3. Wie führen wir unsere Bastelarbeit aus

### 3.3.1. System der Fertigungsverfahren (TGL 21639)

**Urformen**

Stoff in unbestimmter Form (flüssig, pulverförmig) wird durch Schaffen des Stoffzusammenhalts in bestimmte Form gebracht (Körper). Dazu zählen das *Gießen* und das *Pressen*.

**Umformen**

Werkstück wird in andere Formen übergeführt, Stoffzusammenhalt bleibt bestehen, das Volumen erhalten.
Dazu zählen das *Walzen*, das *Formpressen*, das *Strangziehen*, das *Tiefziehen*, das *Abkanten* und das *Biegen*.

**Trennen**

Werkstück erhält seine Form durch örtliches Aufheben des Stoffzusammenhalts.
Dazu zählen das *Schneiden*, das *Hobeln*, das *Sägen*, das *Bohren*, das *Brennschneiden* und das *elektroerosive Abtragen*.

**Fügen**

2 oder mehrere feste Werkstücke werden miteinander verbunden.
Dazu zählen die *Keilverbindung*, die *Stiftverbindung*, die *Nietverbindung*, die *Schraubverbindung*, die *Federverbindung*, die *Schweißverbindung*, die *Lötverbindung* und die *Klebeverbindung*.

**Beschichten**

Auf das Werkstück wird zum Verbessern der Oberflächeneigenschaften eine haftende Schicht formlosen Stoffes aufgebracht.
Dazu gehören das *Anstreichen*, das *Auftragen*, das *Tauchen*, das *Aufspritzen* und das *Galvanisieren*.

In diesem Abschnitt werden nur die Fertigungsverfahren eingehend behandelt, die für den Radiobastler von Interesse sind.

### 3.3.2. Messen und Anreißen

Messen und Anreißen sind nur vorbereitende Arbeiten, die vor der Bearbeitung eines Werkstückes vorgenommen werden. Dabei überträgt man die in einer Zeichnung oder Skizze festgelegten Maße auf das zu bearbeitende Werkstück. Die zum Messen

wichtigen Werkzeuge, Schieblehre und Stahlmeßband, wurden bereits in Abschnitt 3.1.1. behandelt. Zum Festlegen der Anrißlinien verwendet man das Stahlmeßband. Beim Festlegen mehrerer aufeinanderfolgender Punkte mißt man immer von einer Bezugskante aus. Man vermeidet dadurch die Addition von Meßfehlern. Diese würden mehr oder weniger groß auftreten, wenn man von Punkt zu Punkt jeweils das Stahlmeßband neu anlegt (Kettenmaße!).

Da beim Anreißen mit der Stahlreißnadel feine Risse in der Oberfläche des Werkstückes auftreten, kann man diese nicht in jedem Fall verwenden. Werden Biegekanten angerissen, so sollte das möglichst mit einem Bleistift oder einer Messingreißnadel geschehen; sonst bricht durch die Biegebeanspruchung das Material an dieser Stelle. Vor allem trifft das zu für Aluminium, Kupfer und Messing in Blechform. Die Messingreißnadel läßt sich deshalb gut verwenden, weil sie so weich ist, daß sie auf einem harten Werkstoff eine Messingspur zurückläßt, aber die Oberfläche nicht verletzt. Glattgefeilte Eisenflächen lassen sich schlecht anreißen, da man die Rißlinien kaum erkennen kann. Hier hilft ein kleiner Kniff, bei dem aber vorsichtig gearbeitet werden muß, da das verwendete Material giftig ist. Man befeuchtet die anzureißende Fläche mit Wasser und reibt sie mit einem Kupfervitriol-Kristallbrocken ein. Die Oberfläche erhält dadurch eine rötliche Farbe (Verkupferung), auf der die weißen Anrißlinien dann gut zu erkennen sind.

Zum Anreißen der senkrecht zu einer Bezugskante liegenden Anrißlinien verwendet man den Anschlagwinkel. Kreise werden mit einem spitzen Zirkel angerissen, dessen Spitzen gehärtet sind. Der Kreismittelpunkt erhält einen Körnerschlag, damit der Spitzzirkel im Kreismittelpunkt in der Körnervertiefung eine gute Führung hat. Der Zirkel muß sehr stramm gehen, am besten eine Feststelleinrichtung haben. Bohrlöcher erhalten einen kräftigen Körnerschlag. Dadurch bekommt der Bohrer eine Führung und verläuft nicht.

Für das Messen gibt es noch einige Werk-

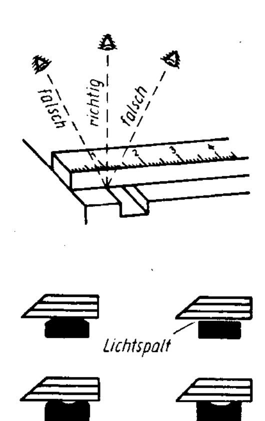



Bild 3.19
Ablesefehler durch falsche Blickrichtung; Parallaxe bei einem Meßstab (links) und Prüfen der Ebenheit mit dem Haarlineal nach der Lichtspaltmethode (rechts)

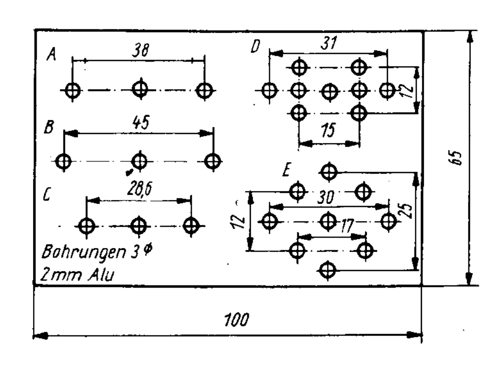



Bild 3.20
Bohrschablone für Oktalsockel (A), Stahlröhrensockel (B), Miniaturröhrensockel (C), *Neumann*-Bandfilter (D) und *Görler*-Bandfilter (E)

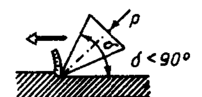
zeuge, die man aber nicht unbedingt benötigt. Das sind z. B. die Rundungslehre, der verstellbare Winkelmesser, die Blechlehre zum Bestimmen der Blechdicke, die Drahtlehre. Die Ebenheit wird unter Verwendung eines Haarlineals mittels Lichtspaltmethode überprüft. Man legt die Meßkante des Haarlineals auf die zu bearbeitende Fläche und hält beides gegen das Licht. Je weniger Licht man hindurchsieht, um so ebener ist die bearbeitete Fläche. Genau nach der gleichen Methode überprüft man z. B. den rechten Winkel (Bild 3.19).
Hat man immer wiederkehrende Abmessungen festzulegen, so bedient man sich einer Anreißschablone (die leicht aus einem Stück Aluminiumblech herzustellen ist). Das trifft z. B. zu bei der Festlegung der Bohrlöcher für Röhrenfassungen und für Bandfilter. Bild 3.20 zeigt eine derartige Anreißschablone. Sie enthält die Bohrlöcher für die Befestigung und den Kreismittelpunkt der E-Röhrenfassung, der Oktal-Röhrenfassung, der Miniatur-Röhrenfassung sowie der Bohrlöcher für die Befestigung und die Durchführungslöcher für das *Neumann*- und das *Görler*-Bandfilter.

### 3.3.3. Trennen von Werkstoffen

Im eigenen kleinen Materiallager sind die benötigten Werkstoffe meist in Form von Tafeln, Platten, Stangen usw. vorrätig. Zum Anfertigen eines Werkstückes benötigt man nur einen Teil davon. Durch Abtrennen erhält man die benötigte Menge zur Anfertigung des Werkstückes. Dieses Abtrennen kann auf verschiedene Art geschehen.

#### Trennen mit Meißel

Das Trennen mit dem Meißel kommt in der Radiopraxis wenig vor. Man verwendet dazu einen Flachmeißel und einen Hammer von ungefähr 500 g. Die Keilwirkung der



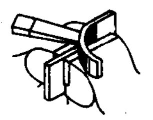


Bild 3.21
Wirkungsweise des Flachmeißels (links) und Abmeißeln eines Blechstreifens (rechts)

Schneide des Flachmeißels bewirkt die Trennung. Das zu trennende Werkstück liegt auf einer harten Unterlage oder wird in den Schraubstock eingespannt. Durch das Einschlagen der Meißelschneide entsteht eine Kerbwirkung. Bei stärkeren Stücken wird das auf beiden Seiten durchgeführt, bis sich das Material abbrechen läßt. Bleche werden an der Trennlinie in den Schraubstock eingespannt und der Meißel schräg angesetzt (Bild 3.21). Damit man sich am Meißel nicht verletzt, ist der durch das Schlagen am Meißelkopf entstandene Grat von Zeit zu Zeit abzuschleifen. Sollen in ein Werkstück Nuten eingemeißelt werden, so verwendet man einen Kreuzmeißel entsprechender Breite. Auch zum Abtrennen vorgebohrter Kreisausschnitte benutzt man den Kreuzmeißel. Zum Ausschlagen von Löchern, allerdings nur in weichem Material oder dünnem Blech, nimmt man das Locheisen. Als Unterlage dient dabei ein Hartholzklotz. Will man Lochscheiben selbst anfertigen, so wird erst das Loch und dann der Außendurchmesser ausgeschlagen.

#### Trennen mit Blechschere

Während beim Meißeln nur ein Keil auf den zu trennenden Werkstoff einwirkt, treten bei der Blechschere 2 Keilwirkungen gleichzeitig auf. Dadurch entsteht ein Schervorgang, der den Werkstoff trennt. Da die Keilwirkung von 2 Seiten gleichzeitig auftritt, ist die Trennstelle nicht so mit Grat besetzt wie beim Meißeln. Es gibt also weniger Nacharbeit. Durch Scheren lassen sich leicht

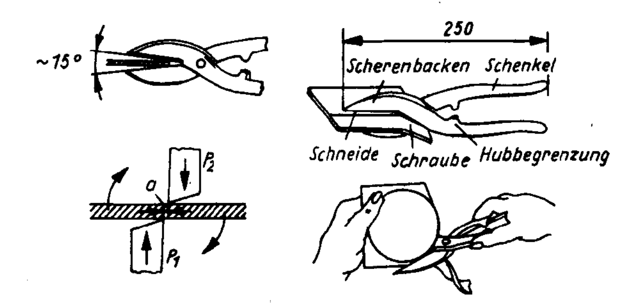



Bild 3.22
Arbeitsweise mit der Handblechschere; links oben der Öffnungswinkel beim Ansetzen der Blechschere, rechts oben Bezeichnungen an der Blechschere, links unten Drehmoment beim Schneiden einer kreisrunden Blechscheibe

trennbare Werkstoffe wie Bleche, Pappe, Hartgewebe trennen, wenn der Querschnitt kraftmäßig bewältigt werden kann (Bild 3.22). Der Radiobastler verwendet vor allem die Handblechschere, die etwa 250 mm lang ist, und zwar am günstigsten die Berliner Form, bei der Scherenbacke und Schneide gerade verlaufen. Bei der Handblechschere wird die Hebelwirkung der Scherenschenkel ausgenutzt. Bekanntlich gilt hier das Hebelgesetz der Mechanik, bei dem Kraft · Kraftarm = Last · Lastarm ist. Je länger der Kraftarm im Verhältnis zum Lastarm ist, um so weniger Kraft erfordert es, eine bestimmte Last zu bewältigen. Wird die Schere vorn umfaßt, so ergibt sich eine geringere Schneidekraft, als wenn man die Schere weiter hinten umfaßt. Das gleiche gilt für den Ansatz der Schneiden. Man muß den zu trennenden Werkstoff möglichst bis zum Anschlag zwischen die Schneiden einführen. Bei vielbenutzten Handblechscheren tritt mit der Zeit ein zu großes Schneidenspiel auf, d. h., die Schneiden stehen zu weit auseinander. Beim Schneiden dünner Bleche passiert es dann oft, daß das Blech zwischen die Schneiden gezogen wird. In diesen Fällen muß man versuchen, durch Stauchung des Nietes das zu große Schneidenspiel zu beseitigen. Damit die Schneiden einwandfrei arbeiten, sind sie keilförmig geschliffen. Der Keilwinkel beträgt etwa 75° bis 85°. Damit an den Schneidenflächen keine zu große Reibung entsteht, werden sie mit einem Freiwinkel von 2° bis 3° versehen.

Beim Schneiden von Rundungen dreht man stets das Blech, hält aber die Schere immer in der gleichen Lage. Trotz der einfachen Handhabung der Handblechschere ist beim Arbeiten Vorsicht geboten. Sehr leicht klemmt man sich an der Hubbegrenzung den Handballen ein. Aus diesem Grund ist die Schere stets nur mit einer Hand zu betätigen und mit der anderen der zu trennende Werkstoff festzuhalten. Reicht die Kraft an der Handblechschere zum Trennen eines stärkeren Bleches nicht aus, so sollte keinesfalls der eine Schenkel in den Schraubstock gespannt werden; damit wird die Handblechschere ruiniert. In solchen Fällen verwendet man besser einen Meißel oder eine Handhebelschere. Bei der Handhebelschere ist eine Schneide fest auf einem Bock verschraubt, während die andere über ein Gelenk mit Hilfe eines längeren Hebelarmes niedergedrückt wird.

### Trennen mit Säge

Stärkere Werkstoffe, die sich mit der Handblechschere nicht mehr bewältigen lassen, werden durch Sägen getrennt. Man bedient sich dazu einer Handbügelsäge, die infolge einer genormten Sägeblattlänge eine be-

stimmte Einspannlänge hat. Diese Einspannlänge beträgt 300 mm. Das Sägeblatt wird zwischen einen Heftkloben und einen Spannkloben gespannt, die sich an dem U-förmig gebogenen Sägebügel befinden. Der Heftkloben ist fest mit dem Sägebügel verbunden, während der Spannkloben in einem Vierkantloch gleitet. Mit einer Flügelmutter am Spannkloben kann man das Sägeblatt spannen. Das richtige Einspannen des Sägeblattes ist sehr wichtig. Es darf keine wellenförmigen Bewegungen ausführen oder sich verwinden, sonst könnten am Sägeblatt Zähne ausbrechen, oder es könnte sogar entzweigehen. Der Heftkloben und der Spannkloben sind kreuzweise geschlitzt, so daß 3 Einspannmöglichkeiten bestehen. Das wirkt sich vorteilhaft aus, wenn durch den Bügel die Schnittlänge begrenzt ist. Durch Umspannen um 90° wird bei schmalen Werkstücken meist eine längere Schnittlänge bewältigt, da dann der Bügel rechts oder links am Werkstück vorbeigleiten kann. Das Sägeblatt enthält eine Vielzahl von kleinen Zähnen oder Schneiden, die wie kleine Keile den Werkstoff angreifen. Jeder Sägezahn löst einen kleinen Span von dem zu trennenden Werkstoff ab. Je kleiner die Zähnezahl auf einer bestimmten Länge, um so größer der Spanwinkel. Es wird also bei einem Schnitt mehr Material abgespant. Allerdings brechen Zähne mit großem Spanwinkel sehr leicht aus, wenn der Werkstoff zu spröde ist. Deshalb kann man Sägeblätter mit geringer Zähnezahl nur für weiche Werkstoffe wie Holz, Kupfer, Aluminium oder Plast verwenden. Bei härteren Werkstoffen wie Stahl oder Pertinax muß der Spanwinkel kleiner, die Zähnezahl also größer sein. Wären die Sägezähne nur so breit wie das Sägeblatt selbst, so klemmte das Sägeblatt bereits bei kleinen Schnittiefen. Deshalb fertigt man die Zähne breiter als das Sägeblatt. Außerdem werden sie entweder geschränkt, gewellt oder angestaucht.

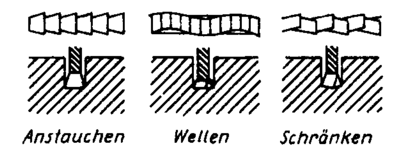



Bild 3.23
Verschiedene Zahnformen der Metallsägeblätter

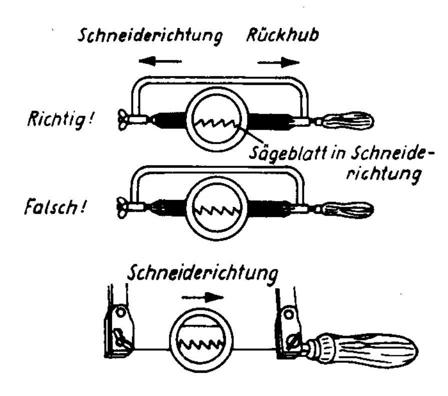



Bild 3.24
Richtiges Einpassen des Sägeblattes bei der Handbügelsäge und bei der Laubsäge

Die ausgeführte Schnittfuge wird dadurch breiter, und die Säge kann frei schneiden (Bild 3.23).
Beim Einspannen des Sägeblattes in die Handbügelsäge muß man beachten, daß das Sägeblatt anders eingespannt wird als bei der Laubsäge. Da man mit der Handbügelsäge waagerecht sägt und in der Stoßrichtung eine größere Kraft auf die Säge ausübt, zeigen die Schneiden in Richtung zum Spannkloben (Bild 3.24). Beim Stoßen übt man einen Druck auf die Säge aus und hebt diesen beim Zurückziehen auf. Zum Festhalten des Sägeblattes im Heftkloben und im Spannkloben wird ein Stück Rundstahl, ein passender Eisenniet oder ein entsprechend starker Eisennagel benutzt. Man unterscheidet bei den Sägeblättern zwischen

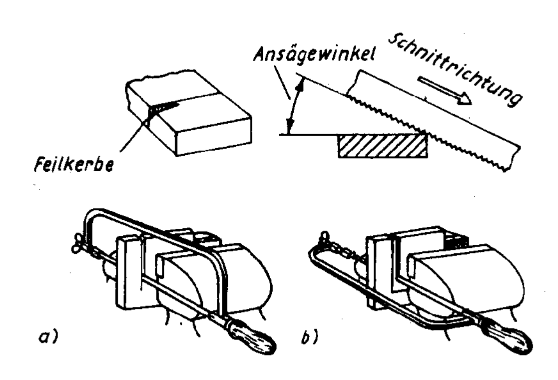



Bild 3.25
Zum besseren Anschnitt der Säge wird mit der Feile vorher angekerbt (links oben); die Säge setzt man mit einem bestimmten Winkel an (rechts oben); ist der Sägeschnitt zu lang (a), dann wird das Sägeblatt umgespannt (b)

einseitig oder doppelseitig gezahnter Ausführung.
Das Werkstück wird zum Sägen fest in den Schraubstock eingespannt, damit es nicht federt. Da man beim Anschneiden oftmals abrutscht und dadurch eventuell die Kante des Werkstückes beschädigt, ist es besser, mit einer Dreikantfeile eine Kerbe an der Schnittlinie einzufeilen (Bild 3.25). Dadurch erhält das Sägeblatt eine gute Führung. Rohre werden nicht in einem Arbeitsgang durchgesägt, sondern nur jeweils bis an die innere Wandung, und dann umgespannt. Die Sägezähne haken sehr leicht an der inneren Wandung und brechen aus. Außerdem wird durch das Umspannen die Führung besser und dadurch der Trennschnitt gerade.
Zum Einsägen von Schlitzen in Achsen oder Schraubenköpfe benutzt man die leichte, handliche Einstreichsäge. Bei der einfachen Ausführung ist das Sägeblatt eingenietet. Moderne Einstreichsägen erlauben das Auswechseln von Sägeblättern verschiedener Zähnezahl und verschiedener Stärke. Bei diesen Einstreichsägen wird das Sägeblatt mit mehreren Flügelmuttern festgeschraubt. Für das Aussägen von Durchbrüchen in dünne Bleche oder Kunststoffe kann man auch die Laubsäge verwenden. Dabei wird diese in senkrechter Lage geführt. Das Sägeblatt ist auf Zug eingespannt; allerdings zeigen hierbei die Schneiden nach unten. Da mit der Laubsäge im Sitzen gearbeitet wird, benutzt man zur Auflage des Werkstückes einen kleinen Sägetisch aus Holz, den man mit einer Spannschraube am Tisch festklemmt. Beim Sägen muß die Laubsäge etwas nach vorn geneigt werden, damit eine größere Schnittlänge entsteht und dadurch das Ausbrechen einzelner Sägezähne vermieden wird. Zum Aussägen eines Durchbruchs bohrt man ein Loch in das Blech und führt das Sägeblatt vor dem Spannen durch.

### 3.3.4. Biegen und Richten

Das Biegen und Richten zählt zu den spanlosen Bearbeitungsverfahren. Aber nicht jeder metallische Werkstoff läßt sich ohne weiteres biegen. So eignen sich Bleche aus Aluminium, Messing, Kupfer oder Eisen gut dafür. Aber zum Beispiel Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von über 3%, Grauguß oder hartes Duralblech lassen sich nicht biegen, diese Werkstoffe sind zu spröde. Durch das Biegen tritt eine Verformung des Werkstoffes auf (Bild 3.26), der bei spröden Werkstoffen zum Bruch führt. Beim Biegen wird der Werkstoff an der Innenseite ge-

staucht und an der Außenseite gedehnt. Das erkennt man deutlich beim Biegen eines harten Duralbleches. Außen reißt das Blech längs der Biegekante auf, während es innen gestaucht wird. Diese Änderungen durch Dehnen und Stauchen muß man berücksichtigen, wenn man eine Biegung nach einer Maßskizze durchführen will. Bei rechtwinkligen Biegungen gibt man meist die Außenmaße an, also einschließlich der Materialstärken, und den Halbmesser des Biegeradius. Für die Errechnung der benötigten Materiallänge addiert man die beiden Aussenmaße der Schenkellängen und zieht von der Summe die durch das Biegen entstehende Verkürzung ab. Diese Verkürzung erhält man aus der Beziehung

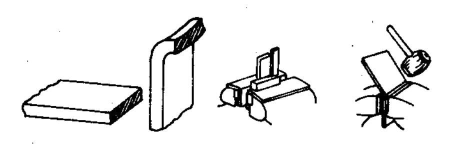


Bild 3.26
Querschnittsveränderungen beim Biegen (a), genaues Winkelbiegen mit dem Anschlagwinkel (b), richtiges Biegen mit dem Holzhammer (c)

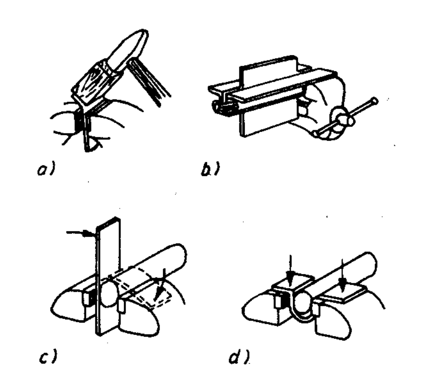



Bild 3.27
Bei einem kurzen Schenkel wird mit dem Holzklotz geschlagen (a), längere Bleche werden zwischen Winkelschienen gespannt (b), Vorbiegen (c), Fertigbiegen (d) einer Rohrschelle

$$V = 0{,}5\,r + 1{,}25\,d;$$

$r$ – Halbmesser des Biegeradius, $d$ – Materialstärke.

Bekanntlich werden Bleche durch Walzen hergestellt. Dabei tritt beim Walzen in Walzrichtung eine größere Verfestigung des Werkstoffes auf als in der Querrichtung. Das ist beim Biegen von Blechen unbedingt zu beachten. Man muß deshalb ein Biegen immer senkrecht zur Walzrichtung durchführen, um Bruchgefahr zu vermeiden. Läßt sich ein Biegen parallel zur Walzrichtung nicht umgehen, so ist ein größerer Biegeradius anzuwenden. Kleinere zu biegende Werkstücke spannt man in den Schraubstock und biegt sie durch kräftige Schläge mit einem Holzhammer bzw. mit einem normalen Schlosserhammer und einem Hartholzklotz. Bild 3.26 und Bild 3.27 zeigen diesen Vorgang. Bei weichem Material werden für den Schraubstock Schutzbacken verwendet, damit die Oberfläche der Werkstücke unverletzt bleibt. Das zu biegende Werkstück ist so weit in den Schraubstock einzuspannen, bis die Biegelinie mit den Backenkanten übereinstimmt. Die senkrechte Lage, z. B. beim Biegen eines Winkels, wird mit dem Anschlagwinkel kontrolliert. Einen zu langen Biegeschenkel biegt man mit der linken Hand nach unten und schlägt mit dem Holzhammer in Höhe der Biegelinie. Ist die Biegekante länger als die Backenbreite des Schraubstockes, so spannt man das Blech zwischen 2 Winkelschienen. Diese werden auf der einen Seite in den Schraubstock eingespannt und auf der anderen Seite mit einem Feilkloben geklemmt.
Der Radiobastler hat neben kleinen Befestigungswinkeln oder Befestigungsschellen vor allem Chassis zu biegen. Das Biegen von Chassis gelingt am besten auf der Abkantbank. Aber nicht immer ist eine Abkantbank bei einer Klubstation oder bei einem

in der Nähe wohnenden Klempner erreichbar. Dann muß zu Hause der Küchentisch herhalten. Man legt noch ein 5 mm bis 10 mm starkes Sperrholzbrett unter, damit die Tischkante nicht beschädigt wird. Stehen die notwendigen Spannschrauben nicht zur Verfügung, so helfen wir uns beim Festspannen mit dem Fleischwolf und der Spannschraube vom Laubsägebrettchen. Zuerst biegen wir mit der Hand vor und benutzen dann einen Holzhammer. Mit einem Schlosserhammer allein soll man nicht schlagen, weil dann die Biegekante viele Hammerschläge bekommt. Man legt in solchen Fällen ein Stück Holz auf und schlägt auf dieses. Zum Biegen von Schellen wird ein entsprechendes Stück Rundmaterial (Bild 3.27) benutzt. Man biegt dabei einen Halbkreis, spannt diesen in der gewünschten Höhe in den Schraubstock und biegt dann die Schellenfüße winkelig. Zum Biegen von Drähten wird die Rundzange verwendet. Eine Drahtöse läßt sich durch stückweises Biegen des Drahtes herstellen. Dabei muß das Drahtende allmählich den Draht berühren, dann ist die Öse auf Drahtmitte auszurichten. Dünnwandige Rohre werden vor dem Biegen mit trockenem Sand gefüllt und die Enden mit einem Holzpfropfen verschlossen. Dadurch vermeidet man Knickgefahr. Beim Biegen von Winkeleisen wird ein Schenkel erst im entsprechenden Winkel ausgeschnitten. Für das Wickeln von Zug- oder Druckfedern benutzt man einen Wickeldorn, der einen kleineren Durchmesser besitzt, als der Feder-Innendurchmesser beträgt. Für den Wickeldorn gilt angenähert

$$\text{Dorndurchmesser} = 0{,}8 \cdot \text{Feder-Innendurchmesser}.$$

Die Ösen für eine Zugfeder biegt man mit der Rundzange. Der Wickeldorn wird zwischen 2 Holzbacken eingespannt und hat an einer Seite eine Kurbel zum Drehen. Das Richten dient dazu, die Ebenheit verbogener Bleche wiederherzustellen. Man benutzt zum Richten einen Holzhammer oder einen Gummihammer, damit die Oberfläche des Bleches nicht beschädigt wird. Bei Verwendung eines normalen Schlosserhammers entständen auf der Oberfläche viele kleine Beulen (Hammerschläge), die nur schwer wieder zu entfernen wären. Das verbogene Blech wird auf eine ebene, harte Unterlage gelegt und durch Hämmern gerichtet. Drähte werden durch Zug gereckt. Man spannt dazu ein Ende in den Schraubstock, wickelt den Draht einmal um ein Feilenheft oder um den Hammerstiel und zieht den Draht durch, indem man sich vom Schraubstock entfernt.

### 3.3.5. Spangebende Bearbeitungen

Bei den spangebenden Bearbeitungsverfahren werden durch die Bearbeitung Abfallprodukte zusätzlich erzeugt: Feilspäne, Bohrspäne, Drehspäne usw. Für den Radiobastler sind im folgenden die Bearbeitungsverfahren beschrieben, die er für seine handwerkliche Tätigkeit braucht.

Feilen

Hat man ein Werkstück durch Sägen oder Meißeln vorgearbeitet, so wird es durch das Feilen auf das in der Zeichnung verlangte Nennmaß gebracht. Man spannt es zu diesem Zweck in den Schraubstock, möglichst wenig überstehend, damit es beim Feilen nicht federt. Beim Einspannen empfindlicher oder weicher Teile verwendet man Blei- oder Aluminiumbacken, damit die Oberfläche des Werkstückes unverletzt bleibt. Die Feile wird mit der rechten Hand am Heft, mit der linken am Anfang des Feilenblattes angefaßt. Damit keine Unebenheiten entstehen, führt man die Feile schräg über das Werkstück und wechselt dabei

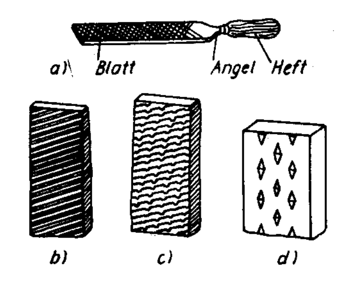



Bild 3.28
Bezeichnungen an einer Feile (a), verschiedene Feilenblätter, gehauene Feile (b), gefräste Feile (c), Feile mit Raspelhieb (d)

öfter die Richtung. Für ebene Flächen verwendet man immer eine Flachfeile (Bild 3.28). Ist noch viel Werkstoff wegzunehmen, so wird erst eine grobe Feile angesetzt und dann mit einer Schlichtfeile die Fläche nachgearbeitet. Um den Flächen den letzten Schliff zu geben, reibt man die Schlichtfeile mit Tafelkreide ein; auf diese Weise entstehen nur geringfügige Kratzer (oder man verwendet feines Schmirgelleinen). Zum Rundfeilen eines Werkstückes spannt man in den Schraubstock ein Holzprisma oder läßt den Schraubstock etwas offenstehen. Mit der rechten Hand wird die Feile am Heft geführt, mit der linken Hand fortlaufend das zu rundende Werkstück gegen die Feilrichtung gedreht. Gewölbte Flächen feilt man mit der Grobfeile erst in der Querrichtung und wechselt dann beim Schlichten die Feilrichtung um 90°, wobei die Schlichtfeile eine schaukelnde Bewegung ausführt. Bei hohlen Rundungen wird die Halbrund- oder die Rundfeile verwendet. Während des Stoßens der Feile dreht man sie gleichzeitig immer etwas seitlich.

Damit beim Feilen Späne abgenommen werden, ist ein mit beiden Händen ausgeübter Druck auf die Feile erforderlich. Schmiert die Feile, so muß sie mit einer Feilenbürste gereinigt werden. Flache Werkstücke nagelt man auf ein Stück Holz und kann nun bequem die Oberfläche befeilen. Soll eine Kante eine Fase erhalten, dann ist das Werkstück in einen Reifkloben (Bild 3.29) zu spannen, und zwar unter einem Winkel von 45°, so daß auch bei dieser Arbeit die Feile waagrecht geführt werden kann. Vor dem Feilen überzeugt man sich davon, daß das Heft fest an der Feile sitzt, damit man sich nicht an der spitzen Angel des Feilenblattes verletzt. Will man längere Blechkanten befeilen, so spannt man diese zwischen 2 Winkelschienen. Zum Einspannen eines Gewindebolzens verwendet man eine Holzkluppe oder 2 Holzstücke, damit das Gewinde nicht verletzt wird.

Für bestimmte Feilarbeiten werden verschiedene Querschnittsformen des Feilenblattes benötigt, für verschiedene Werkstoffe jeweils besondere Hiebarten. Dazu wurde bereits im Abschnitt 3.1.5. einiges gesagt. In den Zeichnungen wird für die Bearbeitung der Oberfläche ein genormtes Bearbeitungszeichen angegeben. Das Bearbeitungszeichen besteht aus Dreiecken, die auf einer Spitze stehen (Bild 3.30).

Dabei bedeuten

1 Dreieck – rauhe Oberfläche mit fühlbaren und sichtbaren Feilstrichen;

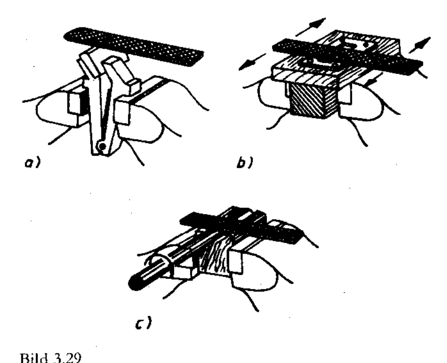



Bild 3.29
Arbeitsweise mit einer Feile; Anfeilen einer Fase mit Reifkloben (a), Oberflächenbearbeitung eines Bleches (b), Feilen eines Rundstabes (c)







Bild 3.30
Bearbeitungszeichen für Oberflächen

2 Dreiecke – feine Oberfläche mit nicht mehr fühlbaren, aber noch sichtbaren Feilstrichen;

3 Dreiecke – sehr feine Oberfläche mit nicht mehr fühlbaren und nicht mehr sichtbaren Feilstrichen.

Bohren

Zum Herstellen von runden Löchern oder Vertiefungen wird der in eine Bohrmaschine eingespannte Spiralbohrer verwendet. Die Bohrmaschine verleiht dem Spiralbohrer eine drehende Bewegung um seine Längsachse, und der Druck auf die Bohrmaschine bzw. auf den Bohrer preßt die Schneiden an den Werkstoff. Dadurch schälen sich bei der Drehbewegung Späne ab, die in den spiralförmig verlaufenden Nuten nach oben abgeführt werden. Als Bohrmaschine verwendet man die einfache Handbohrmaschine oder die elektrische Tischbohrmaschine.

Vor dem Bohren wird der Mittelpunkt der Bohrung mit einem Körnerschlag angekörnt (Bild 3.31). Dadurch erhält der Bohrer seine Führung. Er soll genau senkrecht angesetzt werden, damit er nicht verläuft, was vor allem bei weichen Werkstoffen sehr leicht vorkommt. Bis zu einem Bohrerdurchmesser von etwa 5 mm bohrt man das Loch direkt mit dem entsprechenden Bohrer. Bei größeren Bohrungen wird mit einem Bohrer kleineren Durchmessers vorgebohrt. Bohrungen über 15 mm in dünne Bleche führt man mit einem Kreisschneider aus. Während bei der elektrischen Handbohrmaschine nur eine bestimmte Drehzahl vorhanden ist, lassen sich bei der einfachen Handbohrmaschine durch Umstecken der Handkurbel und des Haltegriffes eine niedrige sowie eine hohe Drehzahl einstellen. Die niedrige Drehzahl verwendet man für harte Werkstoffe und große Bohrerdurchmesser, die hohe Drehzahl bei weichen Werkstoffen und bei kleinen Bohrerdurchmessern.

Damit bei diesem Arbeitsgang der Tisch nicht angebohrt wird, legt man eine ebene Holzplatte unter. Das zu bohrende Werkstück muß entsprechend festgehalten werden, damit es nicht von dem sich drehenden Bohrer mitgenommen wird und einen Unfall verursacht. Kleine Werkstücke spannt man deshalb in einen Feilkloben oder einen Maschinenschraubstock. Größere Werkstücke kann man bei nicht zu großen Bohrerdurchmessern meist mit der Hand festhalten. Zum Bohren runder Achsen oder Wellen wird ein Bohrprisma untergelegt. Die beim Bohren entstehende Reibungswärme kann zum Ausglühen des Bohrers führen, der dadurch seine Härte und Schneidfähigkeit verliert. Bei tieferen Bohrungen muß man deshalb für ständige Kühlung des Bohrers sorgen. Gut geeignet ist dafür Seifen-

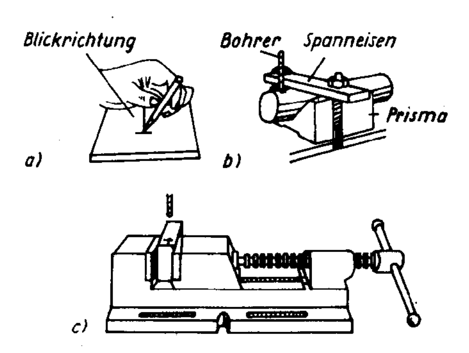



Bild 3.31
Richtiges Ansetzen eines Körners (a), Bohren eines Rundstabes mit Hilfe eines Prismas (b), Bohren mit Hilfe eines Maschinenschraubstockes (c)

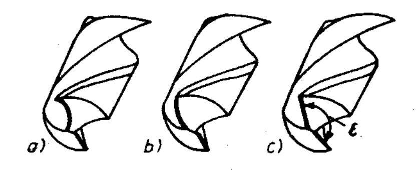



Bild 3.32
Falscher Bohranschliff mit rückgewölbter Hauptschneide (a) oder vorgewölbter Hauptschneide (b); richtiger Bohrangriff mit gerader Hauptschneide und richtigem Spitzenwinkel (c)

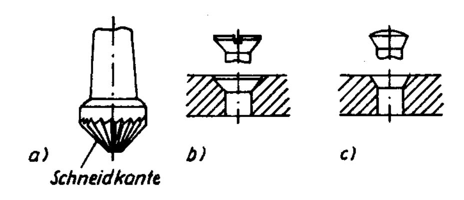



Bild 3.33
Zum Versenken benutzt man den Spitzsenker (a); richtige Senkung für Senkschraube (b) und für Senkniet (c)

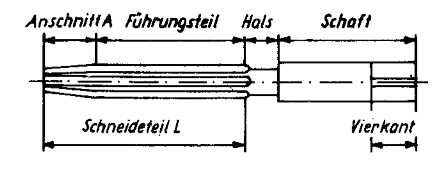



Bild 3.34
Bezeichnungen an der Reibahle

wasser. Durch die Reibungswärme verdampft das Wasser, und die übrigbleibende Seife sorgt für gute Schmierung.
Durch das Bohren nutzt sich die Schneide des Bohrers ab. Der Bohrer muß dann nachgeschliffen werden. Man faßt ihn mit der linken Hand kurz hinter der Spitze und dreht ihn beim Schleifen mit der rechten Hand am Schaftende. Dabei ist zu beachten, daß beide Schneiden gleichmäßig geschliffen werden und die kleine Querschneide genau in der Schaftmitte des Bohrers liegt (Bild 3.32). Der Bohrer erwärmt sich beim Schleifen sehr schnell, man muß ihn deshalb öfter in Kühlwasser tauchen.

## Senken und Reiben

Das beim Bohren unvermeidliche Entstehen eines Grates erfordert Nacharbeit. Man entfernt den Grat mit einem größeren Bohrer oder mit dem Spitzsenker (oft auch *Krauskopf* genannt).
Kegelige Vertiefungen für Senkkopfschrauben oder Senkkopfnieten stellt man ebenfalls mit einem Spitzsenker her (Bild 3.33). Verwendung findet oft auch ein Spiralbohrer geforderten Durchmessers, dessen Spitzenwinkel entsprechend geschliffen wird. Vertiefungen für zylindrische Kopfschrauben bohrt man mit einem Zapfensenker auf. Der Zapfensenker hat einen Führungszapfen, der ein Verlaufen des Senkers verhindert. Bohrungen, die ein genaues Maß und glatte Innenwände haben sollen, stellt man mit einer Reibahle her (Bild 3.34). Die Bohrung wird mit Untermaß (etwa $^2/_{10}$ mm bis $^3/_{10}$ mm) gebohrt, anschließend die Reibahle eingesteckt und diese mit einem Windeisen gedreht. Die Reibahle hat mehrere Schneiden, die parallel zur Längsachse verlaufen. Sie nehmen nur wenig Werkstoff weg, so daß eine sehr glatte Innenwand entsteht. Die Reibahle soll stets nur in der Reibrichtung in die Bohrung hineingedreht werden; in anderer Richtung brechen sehr leicht durch festgeklemmte Späne die Schneiden aus.

## Gewindeschneiden

Lösbare Verbindungen werden durch Verschrauben hergestellt. Dazu benötigt man entsprechende Schrauben und Muttern. Schrauben tragen ein Außengewinde, Muttern ein Innengewinde. Derartige Gewinde werden mit speziellen Schneidwerkzeugen hergestellt, und zwar Außengewinde mit dem Schneideisen, Innengewinde mit dem

Gewindebohrer. Während bei Außengewinden der Schaftdurchmesser gleich dem Gewindedurchmesser ist, muß das Kernloch für das Innengewinde kleiner sein als der Gewindedurchmesser. Als Regel kann gelten, daß das Kernloch um den Faktor 0,8 kleiner ist als der Gewindedurchmesser, daher

Kernlochdurchmesser = 0,8 · Gewindedurchmesser.

Von den zahlreichen Gewindearten sind die wichtigsten das metrische Gewinde und das Whitworth-Gewinde. Das Whitworth-Gewinde ist vor allem in den angelsächsischen Ländern üblich, die Gewindemaße werden in Zoll angegeben. In der DDR wird es vor allem bei Gasrohrgewinden benutzt. Bei uns ist fast ausschließlich das metrische Gewinde üblich. Der Flankenwinkel beträgt beim metrischen Gewinde 60°. Die wichtigsten metrischen Gewinde, wie sie in der Rundfunktechnik vorkommen, haben folgende Stufungen:

M 1,6; M 2; M 2,5; M 3; M 3,5; M 4; M 5; M 6 und M 8.

Neben den normalen metrischen Gewinden gibt es noch ein Feingewinde, das eine kleinere Steigung hat. Beim Feingewinde wird die Steigung besonders angegeben, z. B. M 10 × 1; also metrisches Feingewinde M 10 mit 1 mm Steigung.

Beim Schneiden von Außengewinden fast man den Bolzen etwas an, damit das Schneideisen gut anschneidet. Das Schneideisen wird in den zweischenkligen Schneideisenhalter eingesetzt und mit den Spannschrauben festgespannt. Ein entsprechender Druck läßt das Schneideisen gut anschneiden. Nach dem Anschneiden wird es ohne Druck auf den Bolzen gedreht. Damit kurze Späne entstehen, dreht man das Schneideisen ab und zu zurück; dabei fallen die Späne durch die Nuten heraus (Bild 3.35).

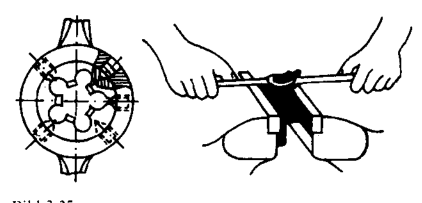


Bild 3.35
Einspannen des Schneideisens und richtige Handhabung des Schneideisenhalters

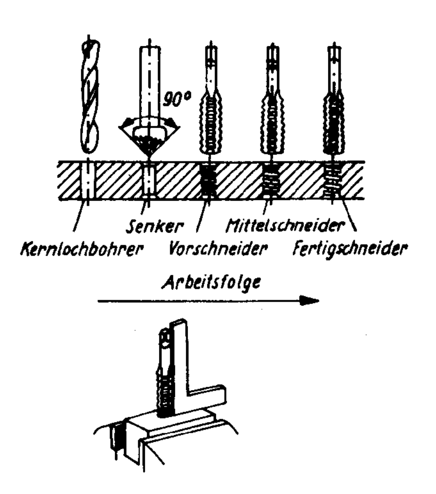



Bild 3.36
Arbeitsfolge beim Gewindebohren (links) und Kontrolle des richtigen Ansatzes mit dem Winkel (rechts)

Beim Schneiden von Innengewinden muß man darauf achten, daß das Bohrloch nur so groß wie der Kerndurchmesser des Gewindes sein darf. Da die Späneabfuhr schwieriger ist als beim Schneiden des Außengewindes und der Schaftdurchmesser des Gewindebohrers sich nicht beliebig stark fertigen läßt, muß das Gewinde in 3 Arbeitsgängen geschnitten werden (Bild 3.36): Es wird vorgeschnitten, nachgeschnitten und fertiggeschnitten. Die Gewindebohrer sind am Schaft entsprechend mit Zahlen oder Ringen gekennzeichnet. Auf das vierkan-

tige Schaftende wird ein passendes Windeisen gesteckt, mit dem man den Gewindebohrer in das Kernloch hineindreht. Beim Anschneiden ist darauf zu achten, daß der Gewindebohrer senkrecht ansetzt. Das Schneiden des Gewindes erfordert Übung und Fingerspitzengefühl, denn bei jedem stärkeren Widerstand muß das Windeisen sofort zurückgedreht werden, damit sich die Späne lockern und durch die Spannuten abgleiten können. Nichts ist ärgerlicher als ein abgebrochener Gewindebohrer, dessen Ende im Werkstoff steckenbleibt und sich nur sehr schwer entfernen läßt. Kann man das abgebrochene Ende nicht mehr mit einer Zange fassen, dann hilft nur ein Ausglühen des Gewindebohrers und anschließendes Ausbohren.

Um den Ärger mit abgebrochenen Gewindebohrern zu vermeiden, hält man sich bei stärkeren Bohrungen nicht an die Multiplikation des Gewindedurchmessers mit dem Faktor 0,8. Man benutzt besser die folgende Tabelle für den Kernlochdurchmesser. Dabei werden 2 verschiedene Bohrungsdurchmesser angegeben, je nachdem wie der Werkstoff gequetscht wird. Reihe I gilt für Werkstoffe wie Messing, Kupferlegierungen, Magnesiumlegierungen, Bronze und Grauguß, die nur sehr wenig gequetscht werden,

| Gewinde mm | Kernloch I mm | Kernloch II mm |
|---|---|---|
| M 1,6 | 1,3 | 1,4 |
| M 2 | 1,5 | 1,6 |
| M 2,5 | 2,1 | 2,2 |
| M 3 | 2,4 | 2,5 |
| M 3,5 | 2,8 | 2,9 |
| M 4 | 3,2 | 3,3 |
| M 5 | 4,1 | 4,2 |
| M 6 | 4,8 | 5,0 |
| M 8 | 6,5 | 6,7 |

Reihe II dagegen für Werkstoffe, die stärker gequetscht werden, also vor allem Stahl, Aluminium und Preßstoffe.

Da beim Schneiden des Gewindes das Schneidwerkzeug stark beansprucht wird, ist auf jeden Fall beim Schneiden etwas Öl zum Schmieren zu verwenden.

### 3.3.6. Verbindungstechnik

Das Zusammenfügen mehrerer Werkstücke miteinander nennt man Verbinden. Dabei unterscheidet man zwischen lösbaren und nichtlösbaren Verbindungen. Zu den lösbaren Verbindungen zählt das Verschrauben, Verstiften und Verkeilen. Bei den nichtlösbaren Verbindungen ist ein Trennen der einzelnen Werkstücke nur durch Zerstörung des Verbindungselementes möglich, wobei mitunter auch die Werkstücke beschädigt werden. Zu den nichtlösbaren Verbindungen, die den Radiobastler interessieren, gehören vor allem das Nieten und das Löten.

Verschrauben

Als Verbindungsteile werden Schrauben bzw. Gewindebolzen und Muttern verwendet. Beide haben das gleiche Gewinde und müssen gut zusammenpassen. Die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Schrauben führten zu verschiedenen Ausführungsformen (Bild 3.37). Trotz der Normung und einer starken Typenbereinigung Anfang der zwanziger Jahre sind heute noch über 1800 verschiedene Sorten von Schrauben und Muttern in Gebrauch. Die genormten Abmessungen wurden in entsprechenden Normblättern festgelegt. Den Radiobastler interessieren aber nur Schrauben mit metrischem Gewinde, und zwar in den Ausführungsformen

Zylinderkopfschraube,
Senkkopfschraube,

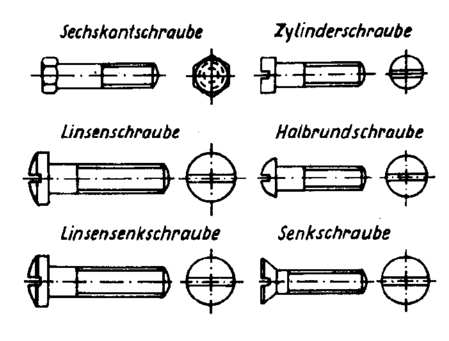



Bild 3.37
Verschiedene Schraubenarten

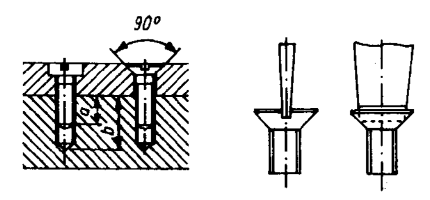



Bild 3.38
Ausführung versenkter Schraubverbindungen (links); so muß der Schraubenzieher passen, damit der Schraubenkopf nicht verletzt wird (rechts)

Linsenschraube,
Linsensenkschraube,
Halbrundschraube,
Gewindestift,
Sechskantschraube
sowie Muttern in Sechskant- und Vierkantform.

Gewindestifte werden oft auch als Madenschrauben bezeichnet. Wird eine Schraubenverbindung mit Schraube und Mutter hergestellt, dann muß das Durchgangsloch – um eine Beschädigung des Gewindes zu vermeiden – etwas größer gebohrt werden als der Schraubendurchmesser. Ist in das Gegenstück ein passendes Gewinde eingeschnitten, so entfällt die Mutter. Als Werkzeuge zum Herstellen der Schraubenverbindung benötigt man Schraubenzieher, Schraubenschlüssel bzw. Steckschlüssel. Während für Sechskantschrauben und Sechskantmuttern ein passender Schraubenschlüssel bzw. ein Steckschlüssel erforderlich ist, werden geschlitzte Schrauben mit dem Schraubenzieher angezogen. Der Schraubenzieher hat eine meißelähnliche Schneide, die am Ende parallel ausläuft. Dadurch kann er gut im Schraubenschlitz angreifen. Es sollte stets ein passender Schraubenzieher benutzt werden, da sonst der Schraubenkopf beschädigt wird (Bild 3.38). Mit dem Schraubenzieher kann man sich leicht verletzen; bei seiner Handhabung ist daher Vorsicht geboten.

In Fällen, wo sich die Schraubenverbindung infolge Beanspruchung lockert, empfiehlt sich eine entsprechende Sicherung (Bild 3.39). Oft wird zu diesem Zweck eine zweite Mutter gegen die erste geschraubt. Weitere Sicherungsmaßnahmen gegen ein Lockern der Schraubenverbindung sind gezahnte Unterlegscheiben oder Federringe. Bei Senkschrauben kann eine Sicherung durch einen Körnerschlag an den Schlitzenden erfolgen. Dabei quetscht die Körnerspitze den Werkstoff leicht in den Schraubenschlitz. Will man die Senkschraube lösen, so muß vorher mit einem Schraubenzieher der Werkstoff wieder aus dem Schraubenschlitz geschlagen werden.

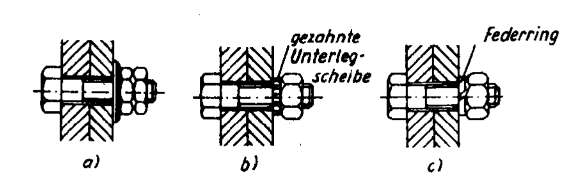
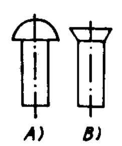



Bild 3.39
Schraubensicherung durch Gegenmutter (a), gezahnte Unterlegscheibe (b) und Federring (c)



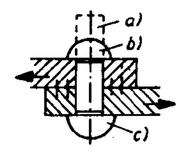



Bild 3.40
Verschiedene Nietformen; Halbrundniet (A), Senkniet (B), Rohrniet (C), die Nietverbindung besteht aus Nietschaft (a), Schließkopf (b), Setzkopf (c)

Vernieten

Wie bereits eingangs gesagt, zählt das Vernieten zu den nichtlösbaren Verbindungen. Je nach dem Verwendungszweck unterscheidet man zwischen einer festen und einer losen Vernietung. Bei der festen Vernietung sind die einzelnen Werkstücke fest und unverrückbar miteinander verbunden. Die lose Vernietung erlaubt dagegen noch eine geringe Bewegung der Teile gegeneinander. Für Vernietungen in der Radiopraxis verwendet man in den meisten Fällen Halbrundnieten und Senkkopfnieten aus Aluminium sowie Rohrnieten aus Messing (Bild 3.40). Der Vollniet besteht aus dem Senkkopf sowie dem Nietschaft, er wird in verschiedenen Durchmessern und Längen hergestellt. Neben der Ausführung in Aluminium gibt es derartige Nieten auch aus Eisen *(St 34.13)* und aus Kupfer. Als Grundsatz sollte man sich merken, daß der Niet aus dem gleichen Material bestehen soll wie die zu vernietenden Werkstücke. Zum Beispiel wäre es keineswegs sinnvoll, Aluminiumbleche mit Kupfernieten zu verbinden oder umgekehrt. Infolge der elektrolytischen Zersetzungserscheinungen würde eine Korrosion (Zerfressung) auftreten, die die Nietverbindung nach einer gewissen Zeit in Frage stellt.

Da der Niet beim Schlagen gestaucht wird, muß der Durchmesser der Bohrung etwas größer sein als der Durchmesser des Nietschaftes. Die folgende Tabelle gibt für die wichtigsten Nietschaftdurchmesser die Durchmesser der Bohrung an:

| Nietschaftdurchmesser mm | Durchmesser der Bohrung mm |
|---|---|
| 1 | 1,1 |
| 1,4 | 1,5 |
| 1,7 | 1,8 |
| 2 | 2,2 |
| 2,3 | 2,5 |
| 2,6 | 2,8 |
| 3 | 3,2 |
| 3,5 | 3,7 |
| 4 | 4,3 |
| 5 | 5,3 |

Damit beim Nieten die Bohrungen genau aufeinanderpassen, ist es empfehlenswert, die zu vernietenden Teile gleichzeitig in einem Arbeitsgang zu bohren. Die Werkstücke werden also mit 1 oder 2 Feilkloben zusammengespannt. Während man für Halbrundnieten nur glatte, entgratete Bohrungen benötigt, ist bei Senkkopfnieten die Bohrung zu versenken. Der Senkwinkel, dem der Spitzenwinkel des verwendeten Spiralbohrers oder des Spitzenkernes entsprechen muß, beträgt 75°. Zum Vernieten selbst verwendet man spezielle Nietwerkzeuge (Bild 3.41). Mit dem Nietzieher werden nach dem Einziehen der Niete die Werkstücke zusammengepreßt. Die Bohrung des Nietziehers muß dabei etwas größer sein als der Durchmesser des Nietschaftes. Der Setzkopf erhält dann eine entsprechende Unterlage. Für den Senkniet genügt eine ebene, glatte Unterlage, für den Halbrundniet wird ein entsprechend profilierter Gegenhalter verwendet. Die Nietschaftlänge muß etwas länger sein als die Dicke der zu vernietenden Werkstücke, damit genügend Material für den Schließkopf zur Verfügung steht. Als Erfahrungswert kann man die überstehende Länge $z$ des Nietschaftes aus folgenden Beziehungen ermitteln:

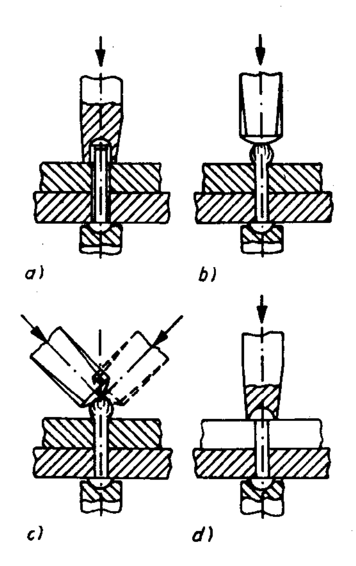



Bild 3.41
Arbeitsfolge beim Nieten; Anpressen (a), Anstauchen (b), Kopf formen (c), Schließkopf setzen (d)

Halbrundniet $z = 1{,}5 \cdot d$;
Senkniet $z = 0{,}9 \cdot d$;

$d$ – Durchmesser des Nietschaftes.
Mit kräftigen Hammerschlägen wird der Nietkopf gestaucht, so daß er beim Senkkopf die gebohrte Senkung ausfüllt. Beim Halbrundkopf setzt man nach dem Anstauchen den Nietkopfsetzer an und formt mit kräftigen Schlägen den Schließkopf.
Die Rohrnieten oder Hohlnieten, die aus Rohr gefertigt oder gezogen sein können, nimmt man für weniger beanspruchte Vernietungen. Eine Vernietung der Rohrnieten erfolgt durch Spreizen des Schaftendes. Meist verwendet man dazu den Körner. Das aufgespreizte Schaftende wird dann mit dem Hammer breit geschlagen. Man kann sich aber auch ein spezielles Nieteisen für Rohrnieten anfertigen, wenn man eine Drehbank zur Verfügung hat. Am Schaftende eines Bolzens befindet sich ein kurzer Zapfen, der am Nieteisen in einem ringförmigen Hohlraum ausläuft. Man erhält mit diesem Nieteisen gleichmäßige, sauber aussehende Schließköpfe.

### Löten

Das Löten zählt für den Radiobastler zu den wichtigsten handwerklichen Fertigkeiten, die er beherrschen muß. Für die Praxis des Radiobastlers interessiert nur das Weichlöten, bei dem als Bindemittel zwischen den Metallen ein bei niedriger Temperatur fließendes Weichlot verwendet wird. Man benötigt also zum Löten ein Weichlot und eine Wärmequelle. Als Wärmequelle wird vorwiegend ein elektrisch beheizter Lötkolben verwendet. Damit die durch die Heizpatrone erzeugte Wärme ohne große Temperaturminderung zur Lötstelle gelangt, besteht die Lötkolbenspitze aus Kupfer. Die Kupferspitze ist meist abgewinkelt oder gerade und vorn meißelähnlich geformt (Bild 3.42). Da bei zu heißem Lötkolben durch Oxydation die Lötkolbenspitze leicht verzundert, ist es empfehlenswert, in den Lötpausen die Heizpatrone über einen Vorwiderstand oder einen MP-Kondensator zu betreiben. Dadurch sinkt in den Lötpausen die Heiztemperatur. Der Kondensator hat den Vorteil, daß an ihm keine elektrische Energie in Wärme umgewandelt wird; man kann ihn jedoch nur bei Wechselstrom benutzen.

#### Berechnung des Widerstandes

Bei einem Lötkolben von 60 W soll die aufgenommene Leistung auf 40 W herabgesetzt werden. Die Stromaufnahme beträgt bei 60 W

$$I_1 = \frac{P}{U} = \frac{60}{220} \approx 0{,}273\ \text{A}\,.$$

Der Widerstand des Lötkolbens ist dabei

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{220}{0{,}273} \approx 805\,\Omega\,.$$

Bei einem Leistungsverbrauch von 40 W ist die Stromaufnahme nur noch

$$I_2 = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} \approx 0{,}182 \text{ A}.$$

Der im Stromkreis vorhandene Widerstand muß dabei folgende Größe haben:

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{220}{0{,}182} = 1210\,\Omega.$$

Der zugeschaltete Widerstand $R$ zum Lötkolben ergibt sich aus der Differenz von $R_1$ und $R_2$ zu

$$R = R_2 - R_1 = 1210 - 805 = 405\,\Omega.$$

Dieser Widerstand muß für folgende Leistungsaufname dimensioniert werden:

$$P = I_2^2 \cdot R = 0{,}182^2 \cdot 405 \approx 13{,}4 \text{ W}.$$

Berechnung des Kondensators

Für die bereits bekannten Werte ergibt sich der Blindwiderstand des Kondensators aus der geometrischen Beziehung

$$R_c = \sqrt{R_2^2 - R_1^2}$$
$$= \sqrt{1210^2 - 805^2} = 903\,\Omega.$$

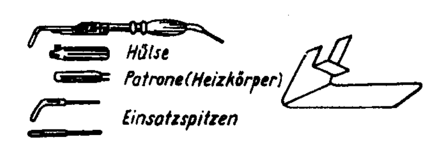



Bild 3.42
Der elektrische Lötkolben und seine Einzelteile (links), ein einfacher Lötkolbenhalter (rechts)

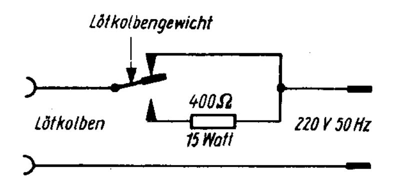



Bild 3.43
Umschalteinrichtung zur Herabsetzung der Heiztemperatur in den Lötpausen

Die Kapazität in Mikrofarad erhält man für einen Wechselstrom mit der Frequenz 50 Hz zu

$$C = \frac{3180}{R_c} = \frac{3180}{903} \approx 3{,}50\,\mu\text{F}.$$

Eine derartige Umschalteinrichtung ist leicht selbst herzustellen (Bild 3.43). Zum Umschalten reicht bei entsprechender Anordnung der Auflagedruck des Lötkolbens aus, der auf den Lötkolbenhalter aufgelegt wird. Für die Ausführung der Lötarbeiten genügt ein elektrischer Lötkolben mit einer Leistung von 40 bis 100 W. Nur wenn man größere Lötarbeiten vornimmt, wie das Löten von Kupferblechen oder an verzinnten bzw. verkupferten Eisenblechen, braucht man einen Lötkolben mit noch größerer Leistung. Die Heizpatronen der elektrischen Lötkolben können ausgewechselt werden, und es ist vorteilhaft, wenn man stets eine Ersatzheizpatrone zur Verfügung hat. Für den Portable-Einsatz eignen sich Lötkolben, die man am offenen Feuer erwärmen kann (Hammerlötkolben), oder mit flüssigen Brennstoffen beheizte Lötkolben.

Einer der wichtigsten Punkte, der beim Löten beachtet werden muß: Sowohl die Lötstelle als auch die Lötkolbenspitze müssen sauber sein. Die Lötkolbenspitze ist daher ab und zu einmal in Kolophonium zu stecken oder in eine Kolophonium-Spirituslösung zu tauchen. Die Lötstelle wird vorher mit einer Schlichtfeile, einem Messer oder mit Schmirgelleinen blank gemacht, mit dem Flußmittel benetzt und anschließend verzinnt. Sehr gut eignet sich zum Blankmachen der Lötstelle ein Glaspinsel, wie ihn technische Zeichner beim Radieren auf Transparentpapier verwenden. Das Verzinnen der Bauteile vor dem Einbau ist besonders wichtig; man kann sich dadurch viel Ärger und Arbeit ersparen. Gut verzinnte Einzelteile, wie Röhrensockel, Widerstands- und Kondensatoranschlüsse, er-

leichtern die Arbeit wesentlich. Da bei der Erwärmung der Lötstelle eine Oxydation auftritt, ist die Verwendung eines sogenannten Flußmittels unumgänglich – sonst bleibt das Lötzinn nicht haften, und kalte Lötstellen sind die Folge. Als Flußmittel soll man grundsätzlich nur eine Kolophonium-Spirituslösung benutzen. Jedes andere Flußmittel, wie Lötwasser oder Lötfett, ist auf keinen Fall zu verwenden. Diese Flußmittel sind säurehaltig, sie bilden Rost und Grünspan, die das Metall zerfressen. Das Flußmittel verhindert die Oxydation an der Lötstelle und läßt das Lötzinn gut fließen. Meist enthält das in Drahtform hergestellte Lötzinn einen Hohlraum, der mit Kolophonium gefüllt ist. Aber oft reicht dieses im Lötzinn enthaltene Kolophonium nicht für die ganze Lötstelle aus, so daß man diese besser vorher noch mit etwas Flußmittel benetzt.

Die Lötkolbenspitze wird von Zeit zu Zeit mit einer Drahtbürste gereinigt. Ist die Kupferspitze stark verzundert, so muß die Oxidschicht mit einer Feile abgefeilt und die saubere Kupferspitze neu verzinnt werden. Richtiges Löten ist Übungssache. Da aber vom richtigen Löten die einwandfreie Funktion des gebauten Gerätes abhängt, sollte man stets mit Sorgfalt und Umsicht vorgehen. Man erwärmt die gut gesäuberte, mit Flußmittel benetzte Lötstelle nur so lange, bis das Lötzinn einwandfrei fließt. Dann entfernt man den Lötkolben und läßt die Lötstelle erkalten. Während des Erkaltens sollte die Lötstelle möglichst nicht bewegt werden. Kalte Lötstellen entstehen, wenn das Lötzinn nicht am Metall haftet. Sie sind nicht immer leicht erkennbar und haben schon manchen Radiobastler zur Verzweiflung gebracht. Zur Vorsicht soll man deshalb nicht einwandfrei erscheinende Lötstellen nochmals unter Verwendung des Flußmittels nachlöten. Nach dem Löten reinigt man die Lötstelle mit Spiritus von den Rückständen des Flußmittels. Auf die Ausführung verschiedener Lötarbeiten wird im nächsten Abschnitt näher eingegangen.

Kleben

In der industriellen Fertigung gehört das Kleben zur modernen Technik. Viele Verbindungen, die früher geschweißt, geschraubt oder genietet wurden, kann man heute durch Kleben herstellen. Dafür werden Epoxydharze verwendet, die sehr haltbare Verbindungen ergeben. Das Abbinden erfolgt durch den Zusatz eines Härtemittels sowie durch Wärmeeinwirkung. Die Oberflächen der Klebestellen müssen vorbehandelt werden. Sauberkeit, Fettfreiheit, gut benetzbare Oberflächen, regelmäßige und geeignete Oberflächenrauhigkeit sind von entscheidender Bedeutung für feste und dauerhafte Verbindungen. Im übrigen muß man die Verarbeitungsvorschriften für die einzelnen Epoxydharze beachten. Für die leichten und kleinen Teile in der Transistorpraxis reichen meist schon die universell anwendbaren Kleber wie Duosan oder Agol. (Siehe auch »Der praktische Funkamateur«, Heft 59, »Gießharz in der Amateurpraxis« von H. Jakubaschk.)

### 3.3.7. Oberflächenverbesserung

Oft besteht der Wunsch, dem selbstgebauten Gerät ein gefälliges Aussehen zu geben. Das betrifft vor allem die Frontplatte des Gerätes. Zu den einfachsten Verfahren zählt das Polieren der Oberfläche. Bei Aluminiumblech verwendet man feines Schmirgelleinen, oder man streut feines Schmirgelpulver auf die Platte und schleift mit einem in die Bohrmaschine gespannten Korken. Dadurch wird eine matte, silbergraue Oberfläche erzielt, bei der aber das Berühren mit den Fingern häßliche Flecke hinterläßt. Man entfettet daher die geschmirgelte Alumi-

niumplatte durch ein 15 min langes Bad in einer wäßrigen Ätznatronlösung. Diese Ätznatronlösung besteht aus 1 l Wasser, in dem etwa 5 g Ätznatron gelöst sind. Nach dieser Ätzung wird die Aluminiumplatte gründlich in fließendem Wasser abgespült. Die Oberfläche darf dabei nicht mehr mit den Fingern berührt werden. Zum Schutz der Oberfläche wird diese nach dem Trocknen mit farblosem dünnem Lack gestrichen.

Eine weitere Möglichkeit besteht im Lackieren der Frontplatte mit Lackfarbe. Ein gleichmäßig schönes Aussehen erhält man aber nur durch Auftragen mit einer Spritzpistole. Es ist deshalb zu empfehlen, derartige Arbeiten in einer Autolackieranstalt vornehmen zu lassen. Besonders widerstandsfähig sind dabei Einbrennlacke, die nach dem Spritzen in einem Heißluftofen eingebrannt werden. Sehr gut sehen eingebrannte Hammerschlaglackierungen aus, bei denen die Oberfläche wirkt, als wäre sie gehämmert. Damit der Lack gut auf der Oberfläche des Aluminiumbleches hält, ist eine Beizung durch Kochen in einer mit Kochsalz gesättigten Ätznatronlösung vorzunehmen. Auch andere Teile, wie Chassisbleche, Abschirmungen, erhalten dadurch ein sauberes Aussehen. Diese Lösung stellt man her, indem man in 1 l Wasser ungefähr 100 g Ätznatron löst und anschließend so viel Kochsalz zugibt, wie sich in der Ätznatronlösung noch auflöst. Dann wird die fertige Lösung erhitzt und das Aluminiumblech etwa 30 s eingetaucht. Zum Schluß erfolgt eine gründliche Spülung in fließendem Wasser. Wegen der auftretenden Dämpfe ist äußerste Vorsicht geboten.

Es gibt noch weitere Verfahren, die aber im Hausgebrauch nicht anwendbar sind. Dazu zählen das Eloxieren von Aluminium oder galvanische Überzüge durch Verkupfern, Vernickeln, Versilbern usw. Derartige Arbeiten muß man in entsprechenden Spezialbetrieben ausführen lassen.

Für die Bearbeitung von Holzoberflächen gibt es in den Drogerien Holzbeizen zu kaufen, von denen dunkelbraune Beize besonders zu empfehlen ist. Meist wird das Pulver in Spiritus gelöst. Nach dem Beizen reibt man die Oberfläche mit einer Politur ein, damit sie ein gefälliges Aussehen erhält.

### 3.3.8. Die gedruckte Schaltung

Ein modernes Verfahren zum Herstellen von Leitungszügen auf Hartpapier ist die gedruckte Schaltung. Obwohl dieses Verfahren in der industriellen Fertigung bei größeren Stückzahlen erst voll zur Geltung kommt, kann es auch der Radiobastler für seine Praxis anwenden. Die Grundlage bildet Basismaterial, das aus einem hochwertigen Schichtpreßstoff besteht, auf den eine Kupferfolie aufgeklebt wurde. Die Leiterzüge werden auf der Kupferfolie abgedeckt, z. B. durch Farbe, das restliche Kupfer dann in einem Ätzbad entfernt. Wer sich näher mit dieser Praxis beschäftigen will, dem seien die ausgezeichneten Broschüren von Dipl.-Ing. K. Schlenzing empfohlen. Sie sind unter dem Titel »Die Technik der gedruckten Schaltung« als Band 26 und 31 der Reihe »Der praktische Funkamateur« erschienen (s. auch Abschn. 4.4.5.).

# 4. Konstruktionstechnik für den Radiobastler

## 4.1. Wie bauen wir funktechnische Geräte auf

Wer sich ein Empfangsgerät, ein Meßgerät oder einen Verstärker bauen möchte, muß als ersten Arbeitsgang die notwendige Schaltung entwerfen oder besorgen. Die Schaltung gibt an, welche funktechnischen Bauelemente für den Aufbau des Gerätes notwendig sind. Die erforderlichen Bauteile beschafft man sich beim RFT-Fachhandel, in den Fachgeschäften der HO oder des Konsums. Sind alle Einzelteile vorhanden, dann beginnt die eigentliche Konstruktionstätigkeit.

### 4.1.1. Anordnung der Einzelteile auf dem Chassis

Um Pannen, wie etwa verbohrte Löcher oder gar ein nicht mehr brauchbares Chassis, zu verhindern, empfiehlt es sich, an die konstruktiven Aufgaben äußerst gewissenhaft heranzugehen. Zwar ist noch kein Meister vom Himmel gefallen, und auch der angehende Radiobastler muß Lehrgeld zahlen; aber mit genügend Überlegung bei der Arbeit kann man größere Fehler vermeiden.

Bei der Anordnung der einzelnen Bauelemente auf dem Chassis kommt es darauf an, diese in der richtigen Reihenfolge aufzubauen. Das heißt, die zu einer Stufe gehörenden Bauelemente werden zusammenhängend angeordnet und die in der Schaltung aufeinanderfolgenden Stufen auch auf dem Chassis dieser Folge entsprechend aufgebaut. Weiter sind die einzelnen Bauelemente so anzuordnen, daß ein gegenseitiges Beeinflussen möglichst vermieden wird. Das bedingt in dem einen oder anderen Fall eine Abschirmung für einzelne Bauelemente. Bild 4.1 zeigt den Aufbauplan für einen 1-Kreisempfänger. Alle größeren Bauteile (Röhren, Drehkondensatoren, Elektrolytkondensatoren und Ausgangsübertrager) finden auf dem Chassis Platz, während kleinere Bauelemente (Widerstände, Kondensatoren, Spulensatz, Trockengleichrichter und Rückkopplungs-Drehkondensator) unter dem Chassis angeordnet werden. Ebenso befinden sich unter dem Chassis die Potentiometer für Lautstärke und Klangregelung, während der Netztransformator bei dieser Anordnungsart beim Einbau in das Holzgehäuse neben das Chassis gestellt wird.

Aus der Anordnung des Aufbauplanes erkennt man den zweckmäßigen Aufbau der einzelnen Bauelemente auf dem Chassis. So folgt auf die Audionröhre *EF 80* die NF-Vorröhre *EC 92* und auf diese die Endröhre *EL 84*. Unmittelbar zur Audionstufe gehören der Abstimm-Drehkondensator, der Spulensatz (unter dem Drehkondensator angeordnet), der Rückkopplungs-Drehkondensator (ebenfalls unter dem Chassis angeordnet) und an der Rückseite die Antennen- und die Erdbuchse. Damit stehen alle zur Audionstufe gehörenden Bauelemente zu-

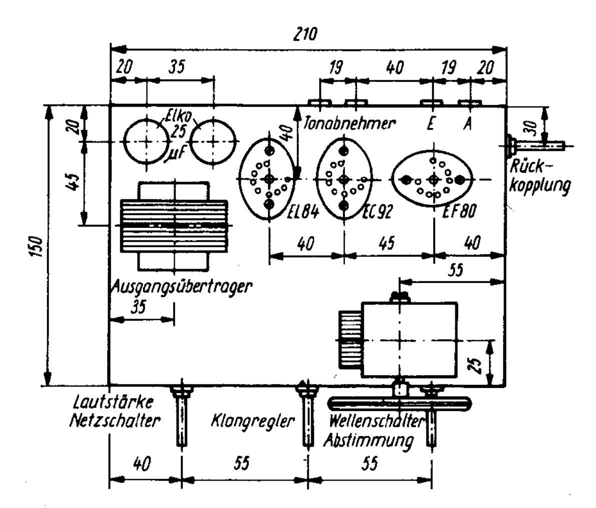



Bild 4.1
Aufbauplan eines einfachen 1-Kreis-Empfängers

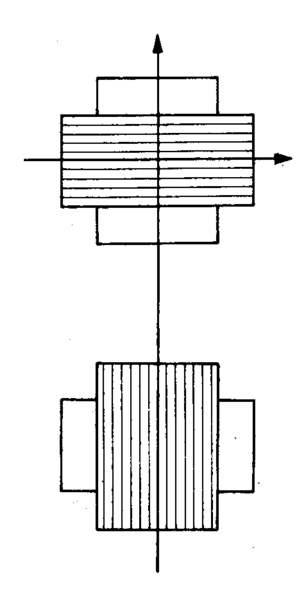
sammen, und die Verdrahtung erfordert keine langen Zuleitungen. Genauso verhält es sich bei den anderen Röhrenstufen.

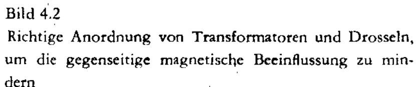
Lange Zuleitungen zu den im Verstärkungsweg liegenden Bauelementen bergen vielerlei Störquellen in sich. So führen sie oft zu Schwingneigung (Selbsterregung), die sich durch Pfeifen und ähnliche Geräusche bemerkbar macht; auch können Brummeinstreuungen jegliche Verstärkung verhindern. Bei der Festlegung der Konstruktion muß also bereits die Verdrahtung berücksichtigt werden.

Das Vermeiden der Schwingneigung ist vor allem wichtig bei Geräten, die mehrere, auf der gleichen Frequenz arbeitende HF-Schwingkreise haben, so z. B. bei Mehrkreisempfängern, bei mehrkreisigen HF-Eingangsschaltungen von Superhetempfängern und bei ZF-Verstärkern. Liegt bei einer Elektronenröhre am Steuergitter und an der Anode je ein Schwingkreis mit gleicher Resonanzfrequenz, so erfolgt bei genügender Größe der Gitter-Anoden-Kapazität der Elektronenröhre eine Selbsterregung (Prinzip des *Huth-Kühn*-Senders). Es müssen also Gitterkreis und Anodenkreis gut gegeneinander abgeschirmt werden. Die jeweiligen Spulen dürfen nicht aufeinander koppeln, weil dadurch die Selbsterregung noch gefördert wird.

Im Niederfrequenzverstärker sind vor allem die Zuleitungen zu den Steuergittern der Verstärkerröhren gegen Brummen empfindlich. Hier helfen nur abgeschirmte Leitungen, wenn man längere Leitungen, z. B. zum Lautstärkeregler, verlegen muß. Ein Ende des Abschirm-Kupfergeflechtes wird dabei an Masse gelegt.

Schwingkreis-Bauelemente, also Spulensatz und Abstimm-Drehkondensator, sind eng übereinander oder nebeneinander aufzubauen, damit die Verdrahtung ebenfalls so kurz wie möglich ausgeführt werden kann. Offene Spulen soll man dabei nicht zu nahe an Metallteile setzen, da sonst die Güte der Spule leidet. Transformatoren bzw. Eisendrosseln sind so nebeneinander aufzubauen, daß ihre magnetischen Achsen senkrecht aufeinanderstoßen (Bild 4.2); sonst erfolgt eine gegenseitige Beeinflussung durch das Magnetfeld der einzelnen Eisenkerne. So




Bild 4.2
Richtige Anordnung von Transformatoren und Drosseln, um die gegenseitige magnetische Beeinflussung zu mindern

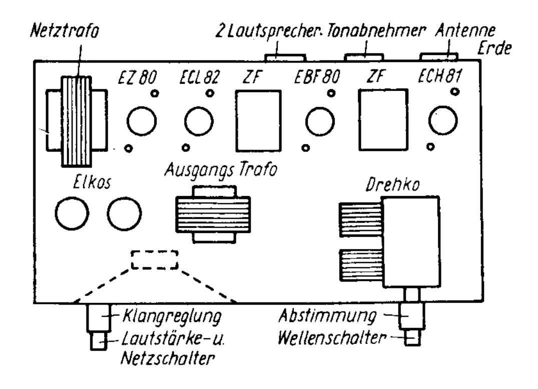



Bild 4.3
Beispiel für den Aufbau eines 6-Kreis-Superhets

kann bei falschem Aufbau die Siebwirkung einer Eisendrossel durch den Netztransformator verschlechtert werden. Auch sollen die Eisenkerne möglichst eine Isolierstoffunterlage (Pertinax) erhalten, damit über das Chassis keine Brummeinstreuungen erfolgen.

Bild 4.3 zeigt den zweckmäßigen Aufbau eines 6-Kreis-AM-Superhetempfängers. Auf die Mischoszillatorröhre *ECH 81* folgt das 1. ZF-Bandfilter. Anschließend ist die ZF-Verstärkerröhre *EBF 80* angeordnet, danach das 2. ZF-Bandfilter. Die Demodulation erfolgt ebenfalls in der Röhre *EBF 80*. An das 2. ZF-Bandfilter schließt sich der 2-stufige Niederfrequenzverstärker mit der Röhre *ECL 82* an. Ausgangstransformator und Lautsprecher sind vor der NF-Röhre angeordnet. Im linken Teil des Chassis befindet sich der Netzteil. Verwendet man für den 2stufigen NF-Teil 2 getrennte Röhren, etwa *EC 92* und *EL 84*, so kann das 2. ZF-Bandfilter vor der Röhre *EBF 80* angeordnet werden und die NF-Vorverstärkerröhre *EC 92* an der bisherigen Stelle des 2. ZF-Bandfilters. Einen besonders sorgfältigen Aufbau muß man bei UKW-Empfängern vornehmen, um die Schwingneigung zu vermeiden. Bei den verwendeten hohen Frequenzen bilden bereits kurze Drahtstücke wesentliche Induktivitäten und Kapazitäten. Man sollte deshalb so eng wie möglich aufbauen, damit zur Verdrahtung kaum Schaltdraht benötigt wird.

Der Aufbau eines 0-V-1 (Audion plus NF-Stufe) ist schon recht schwierig, wenn man einigermaßen vernünftige Empfangsergebnisse erzielen will. Mancher Newcomer hat schon die Flinte ins Korn geworfen, weil die Rückkopplung nicht den Anforderungen entsprach.

Sorgfältig überlegter Aufbau ist also eine Grundvoraussetzung für das spätere einwandfreie Funktionieren eines selbstgebauten Gerätes. Man sollte sich daher nicht scheuen, die Hilfe erfahrener Kameraden in Anspruch zu nehmen, die in den Klubstationen der *Gesellschaft für Sport und Technik*

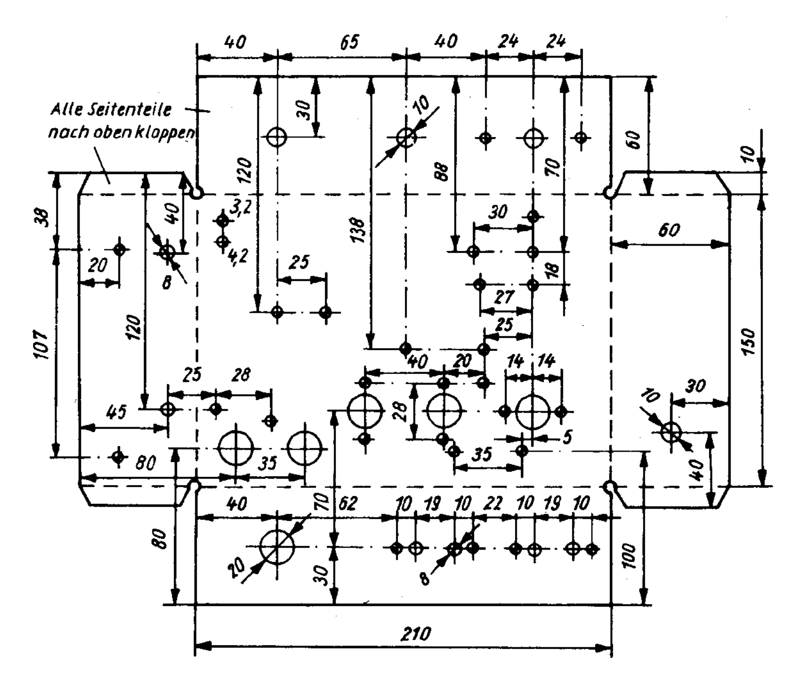



Bild 4.4
Bohrplan für das Chassis des in Bild 4.1 gezeigten 1-Kreis-Empfängers

jederzeit zu finden sind. Ist der Aufbau klar, so zeichnet man am besten das Chassis im Maßstab 1:1 auf einen Bogen Papier, legt die Anordnung der einzelnen Bauelemente fest und bestimmt die wichtigsten Maße der auszuführenden Bohrungen. So entsteht ein Bohrplan, mit dessen Hilfe die Maße auf das Chassis übertragen werden (Bild 4.4). Erst dann wird mit den Bohrungen begonnen.

### 4.1.2. Anordnung der Einzelteile auf der Frontplatte

Viele Geräte werden so ausgeführt, daß man hinter einer senkrecht stehenden Frontplatte ein waagrecht liegendes Chassis anbringt. Das trifft vor allem zu für KW-Geräte, Meßgeräte und Verstärker. Bei dieser Bauart werden die wichtigsten Bauelemente, die entweder zur Anzeige erforderlich oder laufend zu bedienen sind, auf der Frontplatte angeordnet. Die Bauelemente sollte man jedoch nicht regellos einsetzen, damit auch die Frontplatte ein ansprechendes Aussehen erhält.

Bild 4.5 zeigt die Frontplatte eines KW-Einkreisempfängers (0-V-1). In der Mitte befindet sich die Skale des KW-Empfän-

gers, rechts daneben die Glimmlampe, die die Betriebsbereitschaft des Gerätes anzeigt, sowie die Sicherung des Netzteiles. Der Netzteil ist auf dem Chassis dahinter angeordnet. Die oft gebrauchten Drehknöpfe sind unten angebracht und tragen so erheblich zur Bequemlichkeit bei. Der Amateur lernt diese tiefliegende Anordnung besonders dann schätzen, wenn er in einem Wettkampf stundenlang am Empfänger sitzt und den bedienenden Arm dabei auf der Tischplatte auflegen kann. Aus diesem Grund ist der Drehknopf der Bandabstimmung ebenfalls im linken Teil des Gerätes eingesetzt, da die rechte Hand meist zum Mitschreiben benutzt wird und die linke Hand indessen bequem den Empfänger nachstimmen kann. Weiterhin sind unten der Drehknopf für die Lautstärkeregelung, die Rückkopplungsregelung und der Kopfhöreranschluß. Links oben befindet sich der Drehknopf für den Bandsetzer-Drehkondensator, der in jedem Empfangsband nur einmal eingestellt wird. Bei der Anordnung der Einzelteile auf der Frontplatte sollte auf die Wahrung einer gewissen Symmetrie geachtet werden (Bild 4.6).

Es ist ratsam, sich auch von der Frontplatte vor der Ausführung der Bohrarbeiten eine maßgerechte Skizze anzufertigen; das erleichtert die Arbeiten wesentlich. Vor allem darf man das dahinter liegende Chassis nicht außer acht lassen, sonst kann es vorkommen, daß das Potentiometer oder andere Bauteile an das Chassis anstoßen und durch Aussägen und Feilarbeiten erst Platz dafür geschaffen werden muß.

Sollten die Befestigungsmuttern, z. B. die eines Potentiometers, auf der Frontplatte stören, so kann man hinter der eigentlichen Frontplatte in einem bestimmten Abstand eine zweite Platte anordnen, auf der die einzelnen Bauelemente befestigt werden (Bild 4.7). Die Frontplatte enthält dann nur die Durchführungslöcher für die Achsen. Glatt

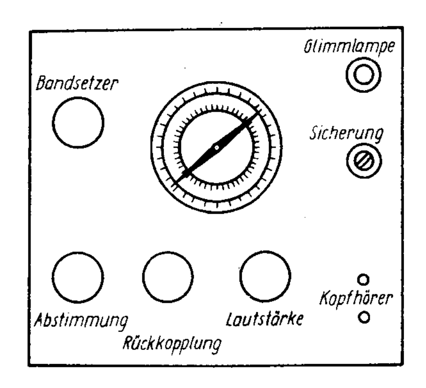
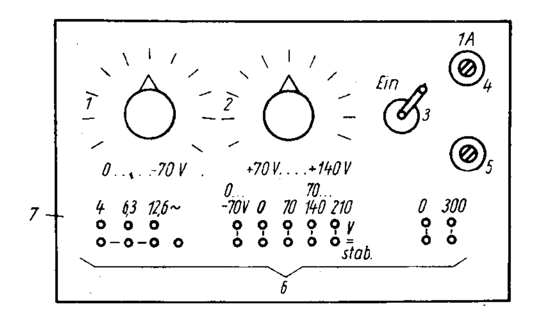



Bild 4.5
Aufbaubeispiel der Frontplatte eines 0-V-1 für den KW-Empfang

anliegende Bauelemente wie Meßinstrumente, Sicherungen oder Glimmlampen bringt man allerdings auf der Frontplatte an. Damit die Bohrungen genau übereinander liegen (Befestigungsloch und Durchführungsloch), werden beide Platten zusammengespannt und gleichzeitig gebohrt. In diesem Fall sind die Maße nur auf der Frontplatte festgelegt. Die Aufbauplatte wird dann mit entsprechenden Abstandsstücken an der Frontplatte befestigt. Außerdem erlaubt die Bauweise mit zwei Platten eine gute Lösung der Skalenfrage, ganz gleich ob eine Rund-, Halbrund- oder Linearskale verwendet werden soll. An der Frontplatte wird die Abdeckscheibe der Skale befestigt, die Skale selbst an der Aufbauplatte. Der Zeiger bewegt sich dann zwischen den beiden Platten.

Für die Kennzeichnung und Beschriftung der einzelnen auf der Frontplatte angeordneten Bauelemente gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Am saubersten wirkt es, wenn die entsprechenden Bezeichnungen auf der Frontplatte oder auf schwarzlackierten Blechschildern bzw. Schichtkunststoffen eingraviert werden. Auf Aluminiumfrontplat-



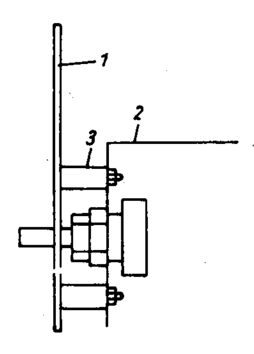




Bild 4.6
Aufbaubeispiel der Frontplatte eines Netzgerätes. Potentiometer (1, 2), Netzschalter (3), Sicherungen (4, 5), Buchsen (6), Frontplatte (7)

Bild 4.7
Anordnung der Frontplatte (1) vor dem Chassis (2) mit Hilfe von Abstandsstücken (3). Die Befestigung von Schaltern und Potentiometern erfolgt am Chassis, so daß lediglich die Achsen durch die Frontplatte führen.

ten, die lediglich mit Schmirgelleinen glattgeschliffen sind, kann man die Beschriftung auch mit schwarzer Tusche aufbringen. Anschließend werden diese Beschriftungen mit farblosem Lack oder mit Wasserglas abgedeckt, damit sie sich nicht so schnell abgreifen. Dagegen wirken aufgeklebte, mit Schreibmaschine beschriftete Papierschilder bald unsauber.

Sind zu den an der Frontplatte befestigten Bauelementen längere Zuleitungen notwendig, so müssen die zur Selbsterregung oder Brummeinstreuung neigenden Leitungen auf jeden Fall abgeschirmt werden. Dazu benutzt man mit Kupfergeflecht abgeschirmte Leitungen. Das trifft in den meisten Fällen zu für Leitungen, die HF- oder NF-Spannungen führen.

Bei Niederfrequenz führt die zwischen Ader und Kupfergeflecht auftretende Kapazität noch zu keinen wesentlichen Verlusten. Es genügt daher für diese Zwecke ein mit Kupfergeflecht abgeschirmter isolierter Schaltdraht oder entsprechende Litze. Im Hochfrequenzgebiet jedoch führt die auftretende Kapazität zu Verlusten, so daß man ein kapazitätsarmes, abgeschirmtes Kabel verwenden muß. Abgeschirmte HF-Kabel sind an dem wesentlich größeren Durchmesser leicht zu erkennen. Bei diesem Kabel wird das Kupfergeflecht durch Isolierstoffe in einem bestimmten Abstand von der Ader gehalten.

Der Aufbau von Transistorschaltungen wird in Abschnitt 4.4.5. und Abschnitt 4.5.2. beschrieben.

## 4.2. Der Selbstbau mechanischer Einzelteile

Im vorigen Abschnitt wurden besonders die Werkzeuge und die verschiedenen Arbeitstechniken erklärt. Das war notwendig, weil der Radiobastler die meisten mechanischen Arbeiten selbst erledigen muß. Eine Werkstatt zu bemühen, würde sich stark auf den Geldbeutel auswirken. Außerdem ist der Stolz über ein wohlgelungenes Gerät wesentlich größer, wenn man alles selbst gebaut hat. Es ist daher zu empfehlen, diesen Teil gründlich zu studieren, da er zahlreiche Erfahrungen vermittelt, die manchen Fehlschlag vermeiden helfen.

### 4.2.1. Chassis

Für die Ausführung des Chassis gibt es zahlreiche Möglichkeiten (Bild 4.8). Die einfachste Form ist das U-förmig gebogene Chassis. Zur Befestigung des Chassis im Gehäuse werden unten kleine Winkel angesetzt. Diese Arbeit kann man sparen, wenn das Chassis doppelt U-förmig gebogen wird. Es entstehen dann unten 2 schmale Blechstreifen, die zur Befestigung des Chassis im Gehäuse dienen können. Sollen auch an den Seiten Bauelemente befestigt werden, so ist das Chassis allseitig abzubiegen; es erhält damit ein kastenförmiges Aussehen. Bei den bisher beschriebenen Chassisformen empfiehlt sich das Anbringen der Bohrungen bereits vor dem Biegen; denn das Anreißen der Bohrungen läßt sich an der flachen Platte besser durchführen. In einem anderen Fall setzt sich das Chassis aus 2 U-Schienen und einer Chassisplatte zusammen (Bild 4.9). Die einzelnen Teile werden durch Verschrauben oder Vernieten aneinandergefügt. Für den Aufbau von Versuchsschaltungen empfiehlt sich ein Chassisrahmen aus Winkelmaterial, bei dem das eigentliche Chassis

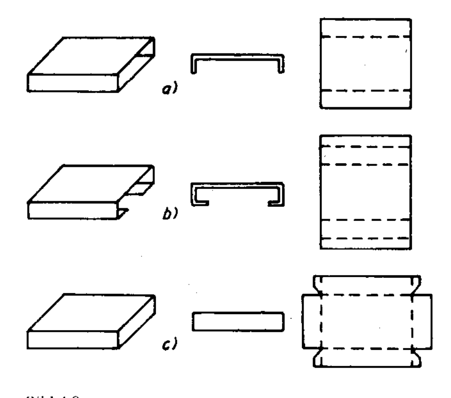



Bild 4.8
Chassisformen I; einfaches U-förmiges Chassis (a), doppelt gebogenes U-förmiges Chassis (b), allseitig abgebogenes kastenförmiges Chassis (c)

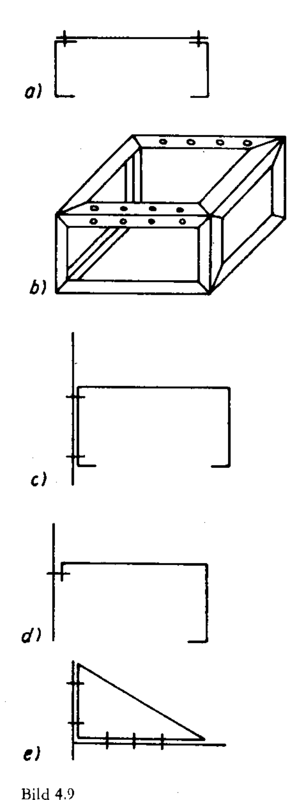



Bild 4.9
Chassisformen II; aus Aufbauplatte und zwei U-Schienen bestehend (a), Rahmen aus Winkelmaterial für Versuchschassis in Streifenbauweise (b), Chassis mit Frontplatte (c und d), Frontplatte und Chassisplatte werden durch Dreieckbleche verbunden (e)

aus Blechstreifen besteht. Bei dieser Bauform ergeben sich zahlreiche Variationsmöglichkeiten. So kann ein reichlich dimensionierter Netzteil immer bestehenbleiben, ebenso z. B. ein zweistufiger NF-Verstärker. Auf den anderen Blechstreifen baut man dann 1-Kreis-, 2-Kreis- oder Superhetschaltungen auf, die man ausprobieren möchte. Diese Chassisbauform ist für den Versuchsbetrieb universell verwendbar.
Als Material für den Bau des Chassis dient halbhartes Aluminiumblech oder galvanisch

vorbehandeltes Eisenblech. Während man bei Aluminium Plattenstärken von 1,5 bis 2 mm verwendet, genügen bei Eisenblech Stärken von 0,75 bis 2 mm. Die größere Blechstärke nimmt man bei längeren Formen, damit das Chassis nicht zu labil wird. Bei größeren Chassistiefen empfiehlt sich eine Versteifung, damit nicht etwa ein größerer Netztransformator die Chassisplatte durchbiegt. Die Versteifungen können seitlich von der Chassismitte nach den abgebogenen Blechstreifen hin erfolgen oder durch ein Stück Bandeisen an beiden Außenseiten zwischen den beiden Befestigungsstreifen. Der Vorgang des Biegens wurde bereits in Abschnitt 3.3. eingehend beschrieben. Auch für das Chassis mit senkrecht stehender Frontplatte ergeben sich zahlreiche Ausführungsformen; die bekannteste ist das U-förmige Chassis mit daran befestigter Frontplatte. Eine Materialersparnis wird erzielt, wenn man das Chassis L-förmig biegt und mit 2 schmalen Befestigungsstreifen versieht. Eine elegante Lösung ohne große Biegearbeiten ergibt sich, wenn an 2 Dreieckblechen 2 schmale Befestigungsstreifen angebogen und mit diesen 2 Blechwinkeln Frontplatte sowie Chassisplatte verbunden werden. Es besteht dann zusätzlich die Möglichkeit, die Chassisplatte im Gehäuse auf einer oder zwischen 2 Winkelschienen laufen zu lassen, was wesentlich zur Stabilität des ausgeführten Gerätes beiträgt. Bei der heute viel verwendeten Flachbauweise wird das Chassis parallel zur Frontplatte angeordnet, also ebenfalls senkrecht (Bild 4.10). Die Verbindung mit der Frontplatte erfolgt durch 2 entsprechend lange, abgewinkelte Blechstreifen. Auf welcher Seite die Verdrahtung vorgenommen wird, ergibt sich aus den jeweiligen Anforderungen. Zu empfehlen ist eine Verdrahtung auf der inneren Seite des Chassis, da auf diese Art eine wesentlich kürzere Verdrahtung zu den Bauelementen entsteht, die an der Frontplatte

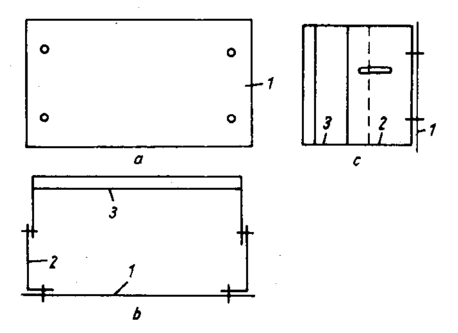



Bild 4.10
Frontplatte und Chassis für die Flachbauweise; Frontplatte (1), Blechwinkel (2), Chassis (3), Vorderansicht (a), Draufsicht (b), Seitenansicht (c)

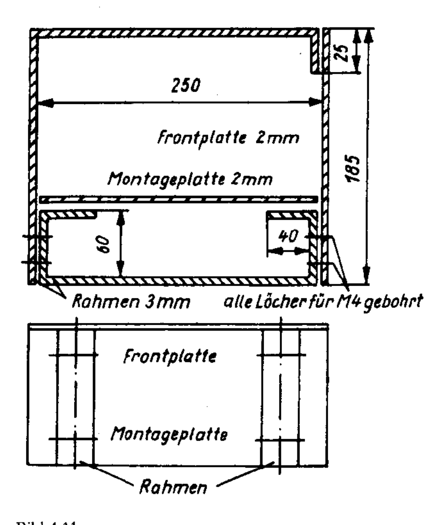



Bild 4.11
Universalchassis, bei dem Frontplatte und Ausbauchassis durch 2 Rahmen gehalten werden. Die Rahmenteile sind etwa 300 mm breit

befestigt sind. Bild 4.11 zeigt ein universell verwendbares Chassis mit Frontplatte.
Die Breite des Chassis ergibt sich je nach dem Umfang der Schaltung und den unterzubringenden Bauelementen. Ein zu großes Chassis ist unzweckmäßig, da dies zwangs-

läufig lange Leitungsführungen bedingt. Bei zu kleinem Chassis mit entsprechend engem Aufbau können dagegen Verkopplungen, Selbsterregungen und Brummstörungen auftreten. Für Chassis und entsprechende Gehäuse nennen die *TGL*-Vorschriften bevorzugte Größen, die maßgebend sein sollten, wenn Geräte gebaut werden, für die man Chassis und Gehäuse aus Metall anfertigen muß.

### 4.2.2. Befestigungsteile

Für die Montage einzelner Bauelemente auf dem Chassis oder der Frontplatte sind Befestigungsteile wie Winkel oder Schellen (Bild 4.12) erforderlich. Diese Teile werden durch Biegen im Schraubstock selbst angefertigt, nachdem die notwendigen Abmessungen festgelegt wurden. Befestigungswinkel benötigt man für Skalenlampenfassungen, Seilrollen, Drehkondensatoren usw.,

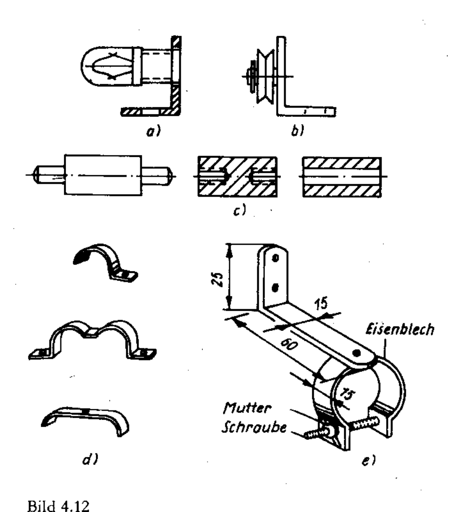



Bild 4.12
Befestigungsteile; Winkel für Skalenlampe (a), Winkel für Seilrolle (b), Abstandsstücke (c), Befestigungsschellen für Elektrolytkondensatoren usw. (d), Halterung für ein magisches Auge, z. B. *6 E 5* (e)

während Schellen bei runden Bauelementen, wie Rollblockkondensatoren, Kabelbäumen oder stärkeren Kabeln, Anwendung finden. Mitunter müssen Bauelemente in gewissem Abstand über dem Chassis stehen. Um das – bei nicht zu großen Abmessungen – zu erreichen, benutzt man Abstandsstücke, die entweder auf beiden Seiten ein Gewinde haben oder eine durchgehende Bohrung aufweisen, durch die eine Befestigungsschraube geführt werden kann.

### 4.2.3. Skalen

Um jederzeit die augenblickliche Stellung eines zu bedienenden Bauelementes feststellen zu können, wird es mit einer Skale verbunden, auf der man dann den eingestellten Wert leicht ablesen kann (Bild 4.13). Einfache Skalenformen stellen z. B. Drehknöpfe mit eingravierter Skale dar, die von einem festen Punkt aus abgelesen werden, oder Zeigerdrehknöpfe, bei denen eine Skale untergelegt ist. Das Ablesen erfolgt jeweils an der Spitze des Zeigerdrehknopfes. Größere Ableseskalen können in den vielfältigsten Formen konstruiert werden. Von der Antriebsart her unterscheidet man Skalen mit direktem Antrieb, mit Schnurantrieb und mit Zahnradantrieb. Beim direkten Antrieb wird die bewegliche Achse entweder starr mit dem Antriebsknopf oder mit einer Übersetzung durch ein Planetengetriebe verbunden, das sich im Antriebsknopf befindet. Der Schnurantrieb ist die bekannteste – durch das Rundfunkgerät gewohnte – Antriebsart. Bei hochwertigen Meßgeräten oder Spezialempfängern verwendet man einen Antrieb mit verspannten Zahnrädern, weil bei dieser Antriebsart das Skalenspiel, also die Wiederkehrgenauigkeit der Einstellung, besonders günstige Werte erreicht.
Bei den Skalen gibt es folgende hauptsächlichen Typen:

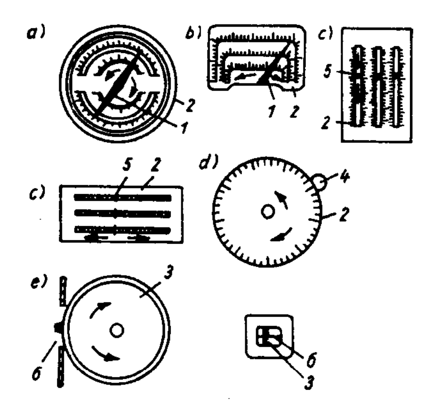



Bild 4.13
Verschiedene Formen von Skalen für funktechnische Geräte; unbewegliche Kreisskale mit drehbarem Zeiger (a), unbewegliche Rechteckskale mit beweglichem Zeiger (b), unbewegliche Rechteckskale mit geradlinig verschiebbarem Zeiger (c), drehbare Kreisskale mit unbeweglichem Zeiger (d), drehbare Trommelskale mit unbeweglichem Zeiger (e). Drehbarer Zeiger (1), Skale (2), drehbare Trommelskale (3), unbeweglicher Zeiger (4 und 6), beweglicher Zeiger (5)

- Kreisskale mit beweglichem Drehzeiger,
- Rechteckskale mit beweglichem Drehzeiger,
- Rechteckskale mit waagrecht oder senkrecht beweglichem Zeiger;
- drehbare Kreisskale mit feststehendem Zeiger,
- drehbare Trommelskale mit feststehendem Zeiger.

Für den Selbstbau von Skalenantrieben kommt allerdings nur der Schnurantrieb in Frage (Bild 4.14). Man benötigt dafür lediglich ein dem Zeigerweg entsprechendes Skalenrad mit Seilrillen, eine Antriebsachse, eine Zugfeder zum Spannen der Antriebsschnur und einige Seilrollen zur Richtungsänderung des Schnurverlaufes. Den einfachsten Schnurverlauf zeigt Bild 4.15. Es führt direkt vom Skalenrad zur Antriebsachse und von da zum Skalenrad zurück. Das Skalenrad hat eine zentrische Bohrung, durch die die Achse des angetriebenen Bauelementes geführt wird. Mit 1 oder 2 Madenschrauben schraubt man das Skalenrad auf der Achse fest. Am Skalenrad sind meist 2 Bohrungen oder Zapfen zur Befestigung der beiden Enden des Schnurantriebes. Der Schnuranfang wird fest am Skalenrad angeknüpft, dann verlegt man die Schnur und führt das Schnurende wieder zum Skalenrad zurück. Am zweiten Befestigungspunkt

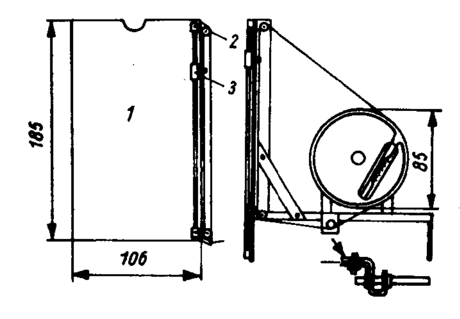



Bild 4.14
Beispiel für den Aufbau einer senkrecht stehenden Linearskale; Skalenrückwand (1), Skalenseil (2), Zeigerbefestigung (3)

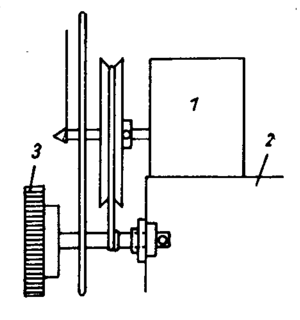



Bild 4.15
Skalenantrieb für eine Halbkreisskale, bei der der Zeiger auf der Drehkondensatorachse befestigt wird; Drehkondensator (1), Chassis (2), Drehknopf (3)

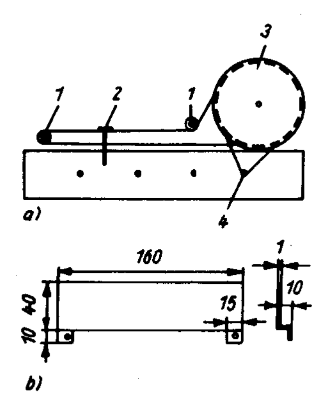



Bild 4.16
Anordnung eines waagrecht verlaufenden Seilzuges für eine Linearskale; Schema des Seilzuges (a), Blech für Skalenbeschriftung (b)

ist die Zugfeder einzusetzen. Das Schnurende befestigt man nun am anderen Ende der Zugfeder – wobei diese gespannt wird – und führt zur Vergrößerung der Reibung die Schnur wenigstens zweimal um die Antriebsachse. Bild 4.16 zeigt eine Skalenordnung für eine waagrecht verlaufende Linearskale. Es wird ein einziges Skalenseil verwendet; auf dem Skalenrad befinden sich dann etwa $1^3/_4$ Umschlingungen. Die Befestigung des Zeigers kann auf einfache Art durch mehrere Umschlingungen erfolgen (Bild 4.17a).

Bei rechteckigen Skalen benötigt man zur Führung der Antriebsschnur mehrere Seilrollen. Der Durchmesser des Skalenrades richtet sich nach der Zeigerweglänge (Bild 4.18). Mit folgender Formel kann bei gegebener Zeigerweglänge $l$ der Durchmesser $d$ des benötigten Skalenrades leicht errechnet werden:

$$d = \frac{2 \cdot l}{\pi}; \quad d = 2r, \quad l = r \cdot \pi;$$

$d$ – Durchmesser des Skalenrades (cm), $l$ – Zeigerweglänge (cm), $\pi = 3{,}14$.

*1. Beispiel*

Wie groß muß für eine Zeigerweglänge von $l = 19$ cm der Durchmesser $d$ des Skalenrades sein?

$$d = \frac{2 \cdot 19}{3{,}14} = \frac{38}{3{,}14} \approx 12 \text{ cm}.$$

*2. Beispiel*

Welche Zeigerweglänge $l$ läßt sich mit einem vorhandenen Skalenrad verwirklichen, dessen Durchmesser $d = 16$ cm beträgt? Nach der Formel erhält man

$$l = \frac{d \cdot \pi}{2} = \frac{16 \cdot 3{,}14}{2} = 8 \cdot 3{,}14 \approx 25 \text{ cm}.$$

Bei rechteckigen Linearskalen ist es empfehlenswert, den beweglichen Zeiger mit einer Führung auf einer 3 bis 4 mm starken Achse laufen zu lassen (Bild 4.17b). Die Beschriftung der Skale erfolgt in den meisten Fällen mit schwarzer Tusche auf Zeichenkarton, weißem Kunststoff oder auf einem mit weißer Farbe gespritzten Blech. Vor der Skale befindet sich eine Schutzglasscheibe. Die Beleuchtung der Skale kann von den Seiten, von oben oder von unten erfolgen.

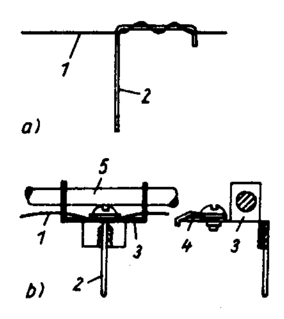



Bild 4.17
Verbindungsmöglichkeiten des Zeigers mit dem Skalenseil; durch Umschlingen (a), mit Zeigerschlitten, der auf einer Achse geführt wird (b). Skalenseil (1), Zeiger (2), Zeigerschlitten (3), Klemmbefestigung (4), Achse für Zeigerschlitten (5)

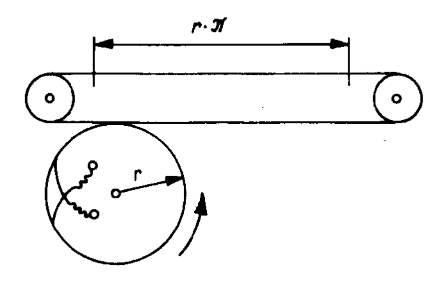



Bild 4.18
Skizze zur Berechnung der Zeigerweglänge für eine Linearskale

Im Handel sind verschiedene für den Aufbau von Geräten brauchbare Skalenantriebe erhältlich. Ebenso gibt es für Rundfunkgeräte ausgelegte Skalenscheiben in zahlreichen Ausführungen.

### 4.2.4. Lötösenleisten

Um vor allem kleineren Bauelementen, wie Widerständen und Kondensatoren, bei der Verdrahtung einen mechanisch festen Halt zu geben, bringt man entsprechende Lötösenleisten oder -platten an (Bild 4.19 und Bild 4.20).
Bei einreihigen Lötösenleisten wird ein Widerstand zwischen einem anderen Bauelement und der Lötösenleiste angeordnet, während bei zweireihigen Lötösenplatten Widerstände und Kondensatoren an 2 gegenüberstehenden Lötösen angelötet werden. Bei der zweiten Montageart kann man bereits vor dem Einbau der Lötösenplatte eine Verdrahtung vornehmen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, in der Lötösenplatte Ausschnitte für Röhrenfassungen aufzunehmen. Es ist dann eine starre Verdrahtung der an den Röhrenfassungen anliegenden Widerstände und Kondensatoren möglich.
Für die Herstellung der Lötösenleisten und Lötösenplatten benötigt man Pertinax in den Stärken 1 bis 1,5 mm. Als Lötösen nimmt man zweiseitige Lötösen mit angedrücktem Hohlnietzapfen. Der Hohlnietzapfen wird durch eine entsprechende Bohrung gesteckt und auf einer festen Unterlage mit einem Körner fest angestaucht. Anschließend schlägt man den überstehenden Zapfenrest mit einem Hammer breit. Es ist darauf zu achten, daß die Lötöse fest in der Bohrung sitzt. Benutzt man zweiseitige Lötösen mit einer Bohrung, dann müssen zur Befestigung Hohlnieten verwendet werden.
Die Lötösen sind auf dem Pertinax so anzuordnen, daß sie sich nicht berühren (günstigster Abstand 10 mm). Werden die fertigen Lötösenleisten auf einem Metallchassis angebracht, so ist ein zweiter Pertinaxstreifen unterzulegen oder die Lötösenleiste auf Abstandsstücke zu setzen, da bei direkter Befestigung auf dem Metallchassis alle Lötösen durch das Metallchassis kurzgeschlossen würden. Bei besonders hochwertigen Verbindungen kann mitunter der Verlustwiderstand von Pertinax bereits zu groß sein. In diesen Fällen verwendet man entweder eine freiliegende Verdrahtung oder keramische Bauteile.

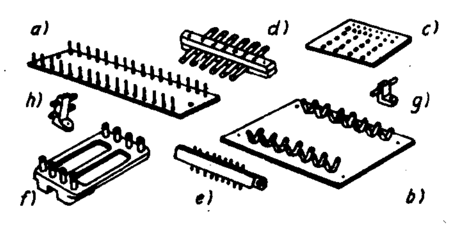



Bild 4.19
Lötösenplatten verschiedener Ausführung; mit eingenieteten Messingstiften (a), mit Nietlötösen (b), mit Messing-Hohlnieten (c), mit eingepreßten Lötanschlüssen (d bis f), Lötstützpunkte (g und h)

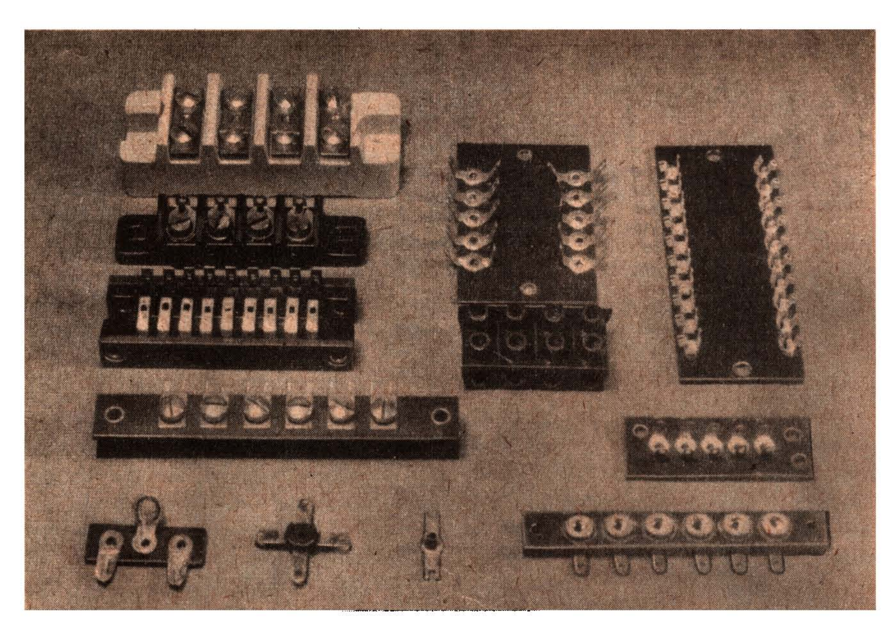


Bild 4.20
Lötösenplatten und Anschlußleisten verschiedener Ausführung

## 4.2.5. Gehäuse

Ein fertiggestelltes Gerät erhält durch ein geeignetes Gehäuse nicht nur ein gefälliges Aussehen, sondern es wird damit auch vor Staub und Beschädigung geschützt. Außerdem bildet ein offenstehendes Gerät wegen der spannungsführenden Teile stets eine Gefahrenquelle.
Bei selbstgebauten Rundfunkempfängern bereitet das Gehäuse keine großen Sorgen, da man es in den meisten Fällen vor Baubeginn beim Fachhandel kaufen wird. Nicht ganz so einfach ist es, wenn man sehr kleine Geräte oder Kofferempfänger bauen will. Fehlt die nötige Erfahrung, so läßt man derartige Gehäuse nach eigenem Entwurf bei einem Tischler herstellen. Anschließend werden die fertigen Holzgehäuse mit passender Kunststoffolie bezogen.

Bei selbstgebauten Meßgeräten wird die Gehäusefrage schon komplizierter. Wenn eine Abstrahlung von Hochfrequenz zu erwarten ist, muß das Gehäuse aus Blech bestehen, um diese entsprechend abzuschirmen. Andere Meßgeräte können ein einfaches Holzgehäuse aus 10 mm starkem Holz oder Sperrholz erhalten. Die Frontplatte weist entweder die gleichen Abmessungen auf wie das Holzgehäuse, oder sie wird etwas versenkt in das Holzgehäuse eingesetzt. Bei der einen Ausführung erfolgt die Befestigung am Holzrahmen, während bei der anderen Ausführung in die Ecken quadratische Holzklötzchen zur Befestigung eingesetzt werden.
Gibt es für den Aufbau eines Gerätes keine geeigneten Blechgehäuse zu kaufen, dann bleibt nur der Selbstbau (Bild 4.21). Werden keine zu großen Anforderungen an die Abschirmwirkung gestellt, so genügt ein Verkleiden des Holzgehäuse-Inneren mit Aluminiumfolie oder dünnem Aluminium-

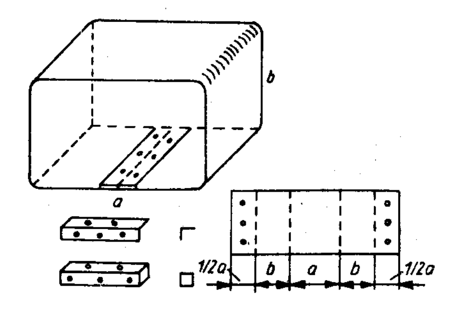



Bild 4.21
Selbstbau-Blechgehäuse, aus einem Blechstreifen gefertigt. Die Befestigung von Frontplatte und Rückwand kann durch Winkel- oder Vierkantstreifen erfolgen

blech. Für ein Blechgehäuse gibt es verschiedene Möglichkeiten der Ausführung. Man kann passend zugeschnittene Blechplatten mit Winkelmaterial zu einem Gehäuse verbinden. Als Verbindungselemente dienen Nieten oder Schrauben. Die Befestigung der Frontplatte und der Rückwand erfolgt ebenfalls an Winkeln.

Für ein Gehäuse werden sechs Flächen benötigt; aus Bild 4.22 sind die gebräuchlichsten ersichtlich. Für Gehäuse mit herausnehmbarer Frontplatte, an der z. B. das Chassis befestigt ist, verwendet man den Typ *5 + 1*. Wird ein Gerät mit feststehender Frontplatte aufgebaut, z. B. ein größeres Stromversorgungsgerät, dann benutzt man den Typ *4 + 2*. Die 2 Flächen stellen dabei die Abdeckhaube dar. Für kleinere Geräte, z. B. für ein Grid-Dip-Meter, empfiehlt sich der Typ *3 + 3*.

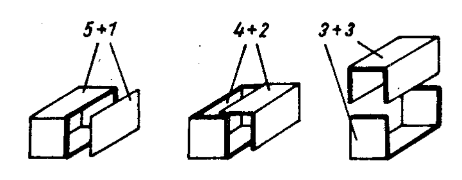



Bild 4.22
Flächenanordnungen bei Gehäusen

Steht eine geeignete Biegeeinrichtung zur Verfügung, so kann man die Wandung des Gehäuses aus einem entsprechend dimensionierten Blechstreifen biegen. Die beiden aufeinanderstoßenden Kanten liegen unten in der Mitte und werden durch einen Blechstreifen miteinander vernietet. Nimmt man zur Herstellung des Gehäuses Eisenblech, so kann das Verbinden der Gehäusewand und das Befestigen der Winkel für Frontplatte und Rückwand durch Punktschweißung in einer Werkstatt erfolgen.

Kastengestelle mit Einschüben bevorzugt man, wenn das zu bauende Gerät aus mehreren Einheiten besteht, z. B. bei einem Amateursender. Die einzelnen Baugruppen werden jeweils auf einem Einschub aufgebaut. Das Kastengestell ist für die vorgesehene Anzahl der Einschübe zu dimensionieren. Die elektrische Verbindung der einzelnen Einschübe untereinander kann entweder durch starre Verdrahtung, besser jedoch durch Steckverbindungen erfolgen, die man am Einschub und am Kastengestell anordnet.

In einigen Fällen sind pultförmige Gehäuse erforderlich, so bei NF-Verstärkern mit mischbaren Eingängen. Auf der pultförmigen Fläche werden dann die entsprechenden Regelglieder aufgebaut, während Röhren, Transformatoren und Elektrolytkondensatoren auf der waagrechten Chassisfläche Platz finden. Die notwendigen Anschlußbuchsen setzt man auf der Rückseite ein. Zur Sicherheit wird über der Chassisfläche eine Abschirmhaube angebracht. Die Herstellung des Pultes erfolgt durch Biegen, wobei Pult, waagrechtes Chassis und Rückwand aus einem Blech bestehen.

Damit sich ein in Betrieb befindliches Gerät nicht zu sehr erwärmt, muß die Rückwand zahlreiche Öffnungen aufweisen. Man ordnet am besten oben und unten einige Reihen von Bohrungen an. Dadurch kann unten frische Luft in das Innere des Gerätes

strömen und oben die erwärmte Luft entweichen. Soll ein Gerät transportabel gestaltet werden, so bringt man bei leichteren Geräten oben auf dem Gehäuse einen Griff, bei schweren Geräten zwei Griffe an den Seitenwänden an. Damit die Geräte die Tischplatten nicht zerkratzen, wird der Gehäuseboden mit 4 Gummifüßen versehen.

## 4.3. Wie erfolgt die Montage funktechnischer Geräte

Sind die mechanischen Arbeiten an Chassis und Gehäuse beendet, dann erfolgt die Montage der einzelnen größeren Bauelemente. Dabei ist einiges zu beachten. Auch eventuell abzuschirmende Bauelemente oder Röhrenelektroden, die schädlichen Einfluß auf die Schaltung erwarten lassen, sind besonders zu behandeln.

### 4.3.1. Befestigen der Bauelemente

Grundsätzlich sollte man die Anschlüsse der Bauelemente vor dem Einbau verzinnen. Das gilt für alle Bauelemente, bei denen Leitungsdrähte der Verdrahtung angelötet werden müssen (vor allem Röhrenfassungsfedern, Lötösen, Spulenanschlüsse usw.). Durch diese Maßnahme wird sehr viel Mehrarbeit vermieden, da es bei eingebauten Bauelementen nicht immer gelingt, die zu lötende Stelle einwandfrei zu säubern. Sind die Bauelemente einwandfrei verzinnt, so kann der Einbau erfolgen.

Die Bauelemente werden in der Regel mit Schrauben und Muttern befestigt. Für kleinere Bauelemente genügen Schrauben mit 3-mm-Gewinde. Größere und schwerere Bauelemente, z. B. Transformatoren, erfordern entsprechend stärkere Schrauben. Sollen Bauelemente unverrückbar festliegen, so legt man unter die Mutter eine gezahnte

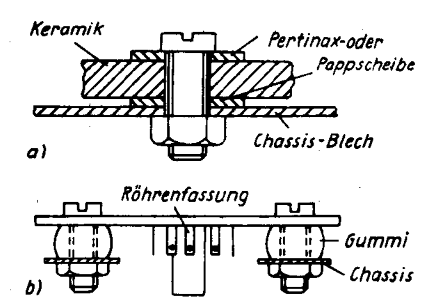


Bild 4.23
Befestigen von Bauteilen; keramische Bauteile erhalten beidseitig eine weichere Zwischenlage, damit beim Anziehen der Schraubenverbindung der keramische Bauteil nicht zerspringt (a); durch Gummilagerung federnde Röhrenfassung, um ein Klingen der Röhre bei Erschütterungen zu vermeiden (b)

Scheibe. Um ein Zerspringen der keramischen Bauteile beim Anziehen der Schraube zu vermeiden, wird auf beiden Seiten des Durchgangsloches je eine Papp- oder Hartpapierscheibe angebracht (Bild 4.23).

Muß zwischen Bauelement und Chassis eine metallische Verbindung bestehen, bei Potentiometern usw., dann sollte darauf geachtet werden, daß die beiden aufeinanderliegenden Metallflächen sauber sind.

Besonderes Augenmerk ist auf die Spannungsfestigkeit zu richten. Das gilt nicht nur für Kondensatoren, die entsprechend der anliegenden Betriebsspannung dimensioniert sein müssen; auch bei anderen Bauelementen muß darauf geachtet werden, daß spannungsführende Teile nicht zu nahe am Chassis oder an anderen metallischen Bauelementen liegen.

Unbedingte Vorsicht ist bei Allstromschaltungen geboten. Bekanntlich steht das Chassis bei dieser Schaltungsart mit einem Netzpol in direkter Verbindung. Man hat also spezielle Maßnahmen zum Berührungsschutz zu treffen. Die metallischen Teile sind auf jeden Fall gegen eine Berührung abzusichern.

Das Chassis muß durch die Rückwand berührungssicher abgedeckt, die Madenschrauben der Drehknöpfe müssen durch eine Wachsschicht gesichert werden. Alle Buchsen, die mit dem Chassis in direkter Verbindung stehen, erhalten einen Schutzkondensator, damit beim Anschluß einer Erdleitung kein Kurzschluß entsteht.
Einige Bauelemente sind isoliert zu befestigen. So muß z. B. bei der halbautomatischen Gittervorspannungserzeugung der Ladeelektrolytkondensator isoliert werden. Bei einigen Ausführungen von Hartpapier-Drehkondensatoren ist die metallische Achse mit den Rotorplatten direkt verbunden. In Rückkopplungsschaltungen muß daher ein solcher Drehkondensator isoliert befestigt werden. Die Isolierung sämtlicher spannungsführender Buchsen dürfte selbstverständlich sein. Des weiteren sind Skalenlampenfassungen in Allstromschaltungen isoliert anzubringen, da sie im Serienheizkreis liegen.

### 4.3.2. Abschirmung bestimmter Bauelemente

Im Niederfrequenzbereich dienen Abschirmungen zum Vermeiden des Brummens. Daher werden vor allem hochohmige Eingänge abgeschirmt. Außerdem kann es manchmal notwendig sein, *RC*-Kombinationen, die am Steuergitter liegen, statisch abzuschirmen. Das Steuergitter ist für

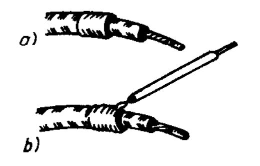



Bild 4.24
Bei abgeschirmten Leitungen wird erst das Kupfergeflecht verzinnt (a) und dann der Masseanschluß angelötet (b)

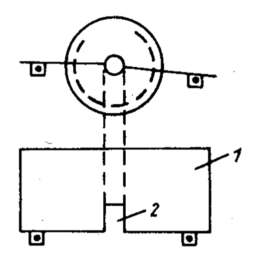



Bild 4.25
Abschirmblech für eine Miniaturröhrenfassung; Abschirmblech (1), Ausschnitt für den kleinen Blechzylinder der Röhrenfassung (2)

Brummeinstreuungen besonders empfindlich. Deshalb werden auch alle Leitungen, die zum Steuergitter einer Elektronenröhre führen, grundsätzlich abgeschirmt (Bild 4.24). Bauelemente, die stärkere Wechselfelder erzeugen, vor allem Transformatoren, sind daher keinesfalls in unmittelbarer Nähe solcher Leitungen zu befestigen. Um Selbsterregung zu vermeiden, dürfen Eingangsschaltung und Ausgangsschaltung nicht miteinander koppeln. Werden diese Hinweise nicht beachtet, so ergeben sich laute Heultöne.
Die Gefahr der Selbsterregung besteht besonders im Hochfrequenzgebiet. Am anfälligsten dafür ist der Zwischenfrequenzteil, weil bei diesem alle Schwingkreise auf der gleichen Frequenz, der Zwischenfrequenz, arbeiten. Deshalb sind ZF-Bandfilter grundsätzlich abgeschirmt. Da im ZF-Verstärker am Steuergitter und an der Anode Schwingkreise mit gleicher Resonanzfrequenz liegen, muß man bei hartnäckigen Fällen an der Röhrenfassung zwischen dem Gitteranschluß und dem Anodenanschluß ein Abschirmblech einfügen (Bild 4.25). Das gleiche gilt für mehrkreisige Eingangsschaltungen, wo die Spulen unbedingt gegeneinander abzuschirmen sind.
In Abschnitt 4.2.5. wurde bereits einiges über die ungewollte Abstrahlung bei Hoch-

frequenz gesagt. Um jede nicht beabsichtigte HF-Ausstrahlung zu vermeiden, müssen Geräte, wie Prüfgeneratoren, in dichte Metallgehäuse eingebaut werden. Die Störschutzbestimmungen der *Deutschen Post* sind in dieser Hinsicht sehr streng. Das trifft auch zu für Oszillatorausstrahlungen bei Superhetempfängern, insbesondere im UKW-Bereich. Diese Ausstrahlungen stören vor allem den Fernsehempfang. Als eine der hartnäckigsten Störquellen erweist sich in dieser Beziehung die Audionschaltung mit Pendelrückkopplung, die deshalb nicht mehr statthaft ist.

## 4.4. Wie erfolgt die Verdrahtung funktechnischer Geräte

Der Anfänger wird in den meisten Fällen zur Verdrahtung (Bild 4.26) den entsprechenden Plan zu Hilfe nehmen, bis er gelernt hat, aus dem Schaltbild die angegebenen Verbindungen selbständig am Eigenbaugerät auszuführen.

### 4.4.1. Verdrahtungsplan

Im Verdrahtungsplan sind entsprechend dem montierten Chassis alle notwendigen Verbindungen eingezeichnet (Bild 4.27). Der Anfänger erhält also mit dem Verdrahtungsplan den bereits in die Konstruktion übersetzten Schaltplan. Er hat lediglich die Schaltdrähte in der vorgezeichneten Weise zu verlegen und anzulöten. Viele Verfasser von Bauanleitungen lehnen den Verdrahtungsplan ab, da er zu gedankenlosem Nachbau des Gerätes führe. Es trifft auch zu, daß der Newcomer oft ohne jede eigene Überlegung einfach die Vorlage übernimmt. Klar ist aber, daß der Verdrahtungsplan bereits vor dem in symbolhafter Weise ausgeführten Schaltplan vorhanden war. Der Autor dieses Buches ist der Meinung, der Anfänger sollte unbesorgt die ersten 2 bis 3 selbstgebauten Geräte mit Hilfe eines Verdrahtungsplanes aufbauen und verdrahten. Allerdings wird empfohlen, dabei ständig Schaltplan und Verdrahtungsplan zu vergleichen, damit man lernt, das Schaltbild in die Konstruktion umzusetzen.

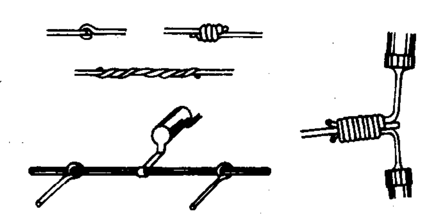


Bild 4.26
Verschiedene Ausführungen von Lötverbindungen

### 4.4.2. Ausführung der Verdrahtung

Als Grundsatz ist zu merken, daß kürzeste Leitungsführung stets vor Schönheit geht. Geradlinige und in Kabelbäumen untergebrachte Leitungsführung sieht zwar sehr gut aus, kann aber zum völligen Versagen des Gerätes führen. Gleichstromleitungen dürfen ohne weiteres in Kabelbäumen zusammengefaßt werden, ebenfalls z. B. die Verdrahtung eines Netzgerätes. Verstärker- und Empfängerschaltungen dagegen müssen eine möglichst kurze Leitungsführung aufweisen. Heizleitungen werden, um Brummausstrahlungen zu mindern, grundsätzlich verdrillt.
Zur Verdrahtung benutzt man Schaltdraht, der aus einer von Kunststoff umgebenen Kupferseele besteht. Der Durchmesser der Kupferseele beträgt 0,7 bzw. 0,5 mm. Nur bei größeren Strömen, etwa bei Heizleitungen, wird Schaltdraht von 1 mm Durchmesser verwendet. Für Erdleitungen benutzt man blanken oder verzinnten Kupferdraht von 1 mm Durchmesser. Sollen Verbindungsleitungen flexibel ausgeführt werden, so ist

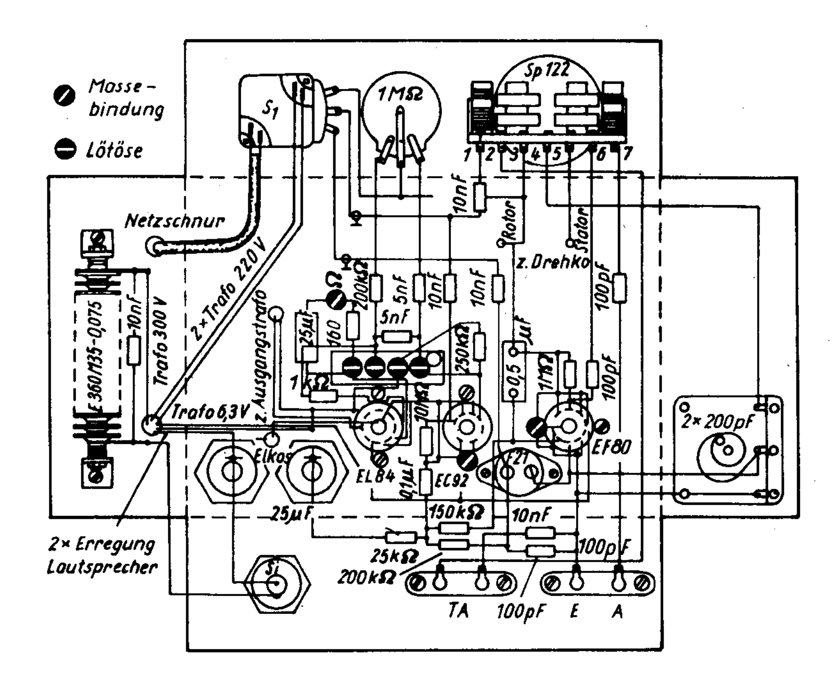



Bild 4.27
Verdrahtungsplan für den einfachen 1-Kreis-Empfänger nach Bild 4.1

Schaltdraht in den meisten Fällen zu steif; es eignet sich daher besser Litze aus dünnen, blanken Kupferdrähten mit einer Kunststoffumhüllung oder Baumwollumspinnung. Um Verluste bei der Verdrahtung von Schwingkreisen kleinzuhalten, wird vor allem bei höheren Frequenzen versilberter Kupferdraht benutzt. Für Netzanschlüsse nimmt man meist 2adrige Litze mit Gummimantel oder flacher Kunststoffumhüllung. Beim Abisolieren des Schaltdrahtes oder eines Litzenkabels sind einige Hinweise von Bedeutung. Verwendet man ein Messer, z. B. das Taschenmesser, so ist darauf zu achten, daß der Kupferdraht nicht angeschnitten wird (Bild 4.28), denn eine dabei entstehende Kerbe führt beim Biegen zum Bruch. Besser eignet sich eine Abisolierzange, die – richtig eingestellt – den Kupferdraht nicht verletzt. Kunststoff-Schaltdrähte können auch durch Wärmeeinwirkung abisoliert werden (Bild 4.29). Manche Lötkolben haben zu diesem Zweck am Kolben einen Blechwinkel mit Kerbe: Wird beim heißen Lötkolben der Schaltdraht in der Kerbe gedreht, so schmilzt an dieser Stelle der Kunststoff und kann abgestreift werden. Ist der Schaltdraht nicht verzinnt, so muß man den Kupferdraht unbedingt vor

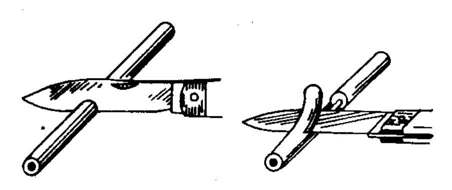


Bild 4.28
Abisolieren von kunststoffisoliertem Schaltdraht mit dem Taschenmesser; (a) falsch, (b) richtig

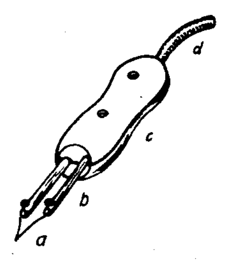



Bild 4.29
Elektrische Abisoliereinrichtung; Widerstandsdraht, der erwärmt wird (a), Messingbolzen (b), Heft (c), Kabel zur Transformatorwicklung – etwa 0,5 bis 2 V – (d)

dem Anlöten säubern und verzinnen. Durch längere Lagerzeit erhält der Kupferdraht eine Oxydationsschicht, die bei direktem Einlöten zu den bekannten kalten Lötstellen führt. Besondere Schwierigkeiten bereitet das Abisolieren von HF-Litzen und das anschließende Verzinnen. HF-Litze besteht aus einer Anzahl sehr dünner Kupferlackdrähte. Es ist zu beachten, daß bereits ein einzelner nicht erfaßter Draht den Gütewert der HF-Spule wesentlich mindern kann. Beim Verzinnen sind also unbedingt sämtliche Kupferdrähte zu erfassen. Da diese dünnen Drähte mit mechanischen Mitteln schwer wieder blank gemacht werden können, hilft nur ein Abbrennen der Lackschicht. Die Baumwollumspinnung wird vorsichtig entfernt, damit beim Abbrennen nicht rußartige Rückstände am Kupfer bleiben, die ein Verzinnen erschweren. Dann hält man die Kupferdrähte bis zum Glühen in eine Brennspiritusflamme und taucht sie noch im glühenden Zustand in Brennspiritus. Nach dieser Behandlung läßt sich die HF-Litze bequem mit Hilfe von Kolophonium verzinnen. Sollte die Kupferlitze nach dem Glühen nicht blank sein, so lassen sich die verbrannten Lackreste ohne weiteres mit feinem Schmirgelleinen entfernen.

Schwierigkeiten bereitet mitunter das Verdrahten der Erdpunkte (Bild 4.30). Auf jeden Fall sind sie nicht wahllos an das Chassis zu führen, da sonst undefinierbare Erdungsverhältnisse auftreten. Im Bereich der niederen Frequenzen genügt es, die Erdpunkte auf einer Erdleitung zu erfassen und diese an einem Punkt mit dem Chassis zu verbinden. Bei höheren Frequenzen, vor allem im KW- und UKW-Gebiet, ist das nicht mehr zulässig. In diesem Frequenzbereich werden die zu einer Röhrenstufe gehörenden Erdpunkte zusammengefaßt und unmittelbar an der Röhrenfassung an das Chassis geführt. Dadurch vermeidet man Verkopplungen zwischen den einzelnen Röhrenstufen. Während bei Fassungen für Röhren mit Röhrenfüßen aus Preßstoff unbedenklich kleinere Bauelemente, wie Widerstände und Kondensatoren, fest angelötet werden können, ist bei der Verdrahtung von Röhrenfassungen für Miniaturröhren Vorsicht geboten. Miniaturröhren haben bekanntlich nur einen Preßglasteller mit den Sockelstiften. Ein Beanspruchen dieser Sockelstifte durch Querkräfte kann zu Glassprüngen im Preßglasteller führen. Damit hat eine solche Röhre »ausgedient«. Die Sockelfedern einer Miniaturröhrenfassung dürfen also nicht in eine starre Verdrahtung einbezogen werden, sondern müssen beweglich bleiben. Man verwende daher vorsichtshalber dünnere Schaltdrähte.

### 4.4.3. Verdrahten von Lötösenplatten

Lötösenplatten kann man bereits vor dem Einbau verdrahten (Bild 4.31). Diese Verdrahtung erfolgt entweder unter den Bauelementen oder besser unter der Lötösenplatte. Zu diesem Zweck fertigt man sich einen Schaltungsauszug an; damit kann die Reihenfolge der auf der Lötösenplatte anzuordnenden Bauelemente festgelegt werden. Es dürften nur wenige Kurzschlüsse benachbarter Lötösen und einige Verbindungen zu schräg gegenüberliegenden Lötösen erforder-

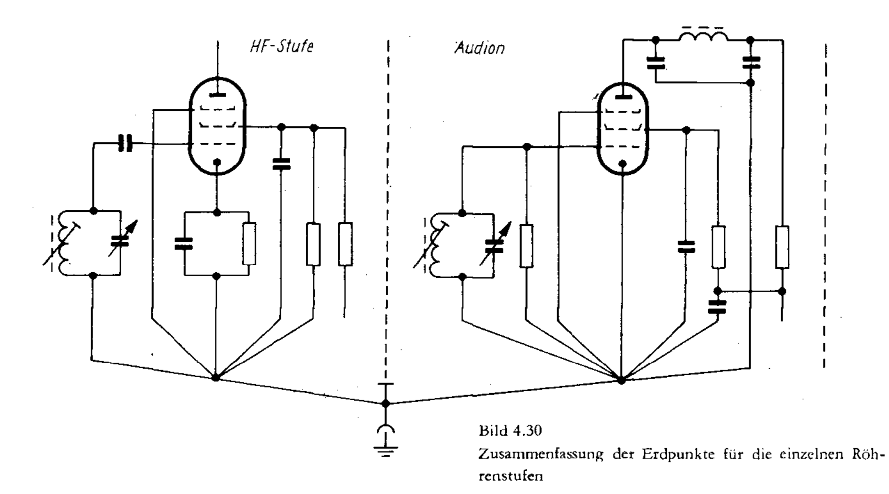
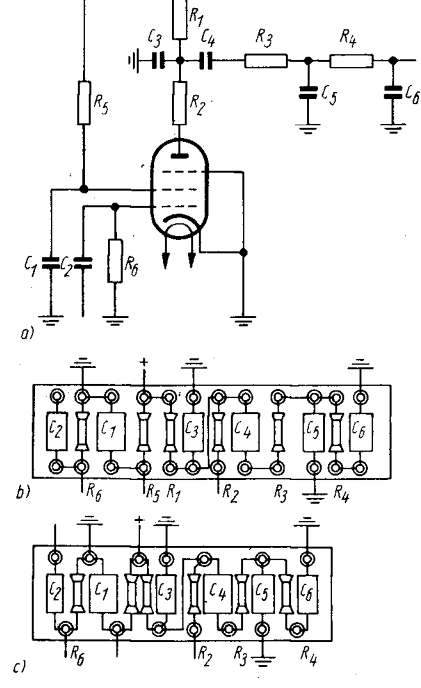



Bild 4.30
Zusammenfassung der Erdpunkte für die einzelnen Röhrenstufen



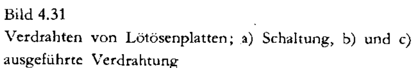




Bild 4.31
Verdrahten von Lötösenplatten; a) Schaltung, b) und c) ausgeführte Verdrahtung

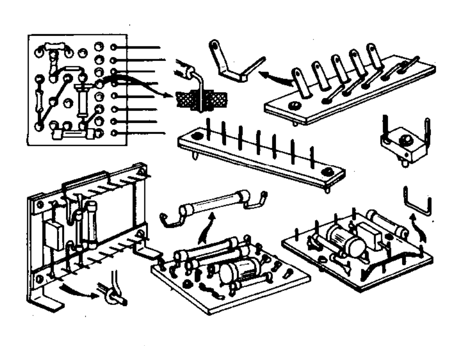


Bild 4.32
Verdrahten von Lötösenplatten

lich sein. Außerdem sollen die Anschlüsse zu den Röhrenelektroden auf der einen Seite, die Spannungs- und Erdzuführungen auf der anderen Seite liegen. Die Lötösenplatte wird möglichst nahe der Röhrenfassung angeordnet, damit kurze Zuleitungen entstehen (Bild 4.32).

### 4.4.4. Abbinden der Verdrahtung

Wie bereits gesagt, kann man alle Leitungen, die der Fachsprache nach »kalt« sind, zu einem Kabelbaum vereinigen. Dazu gehören vor allem Verbindungsdrähte des Netzteiles, Erdleitungen und Gleichstromleitungen. Der Kabelbaum erhält seinen festen Zusammenhalt durch ein schleifenartiges Binden mit gewachster Hanfschnur (Bild 4.33). Beim Abbinden des Kabelbaumes wird an seinem dicken Ende begonnen, nachdem die Hanfschnur fest mit einer Umschlingung angeknotet ist. In kurzen Abständen nimmt man laufend weitere Umschlingungen vor. Dabei kann die einzelne Schlinge als Einfachschlinge oder als Doppelschlinge ausgeführt werden. Jede Schlinge wird einzeln festgezogen und bis zur Fertigstellung der nächsten festgehalten. Weisen alle Schlingen den gleichen Abstand auf, so erhält der Kabelbaum ein gefälliges Aussehen. Bei einem längeren Kabelbaum ist es manchmal erforderlich, ihn mit Rohrschellen am Chassis zu befestigen. Werden bei der Verdrahtung 1- oder 2adrige Kabel mit Baumwollumspinnung verwendet, so sind die Baumwollenden abzubinden. Die Baumwollumspinnung liegt meist locker auf und würde sich sonst verschieben und ausfransen. Zum Abbinden wird dünne gewachste Hanfschnur benutzt. Die Baumwollumspinnung schneidet man an der Abbindestelle sauber ab, legt ein Ende der Hanfschnur doppelt, so daß eine Öse bleibt, und wickelt dann die Hanfschnur nach vorn fest auf. Das Ende muß straff durch die Öse geführt werden. Mit einer Zange faßt man dann das untergewickelte Ende und zieht das andere Ende unter die Wicklung. Die überstehenden Enden werden abgeschnitten. Beide Enden liegen jetzt fest unter der Wicklung und können sich nicht lösen.

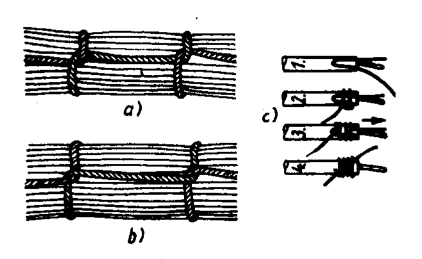



Bild 4.33
Abbinden von Kabeln; (a) richtiger Abbund an Kabelbäumen, (b) falscher Abbund an Kabelbäumen, (c) Abbinden von Kabelenden

### 4.4.5. Verdrahtung mittels Leiterplatte

Zum Entwerfen von Leiterplatten gehören einige Erfahrungen, über die der Anfänger unter den Elektronikamateuren meist noch nicht verfügt. Es sollen deshalb einfache Methoden dargestellt werden, die auch der Anfänger benutzen kann, um elektronische Schaltungen auf Leiterplatten aufzubauen. Für eine Leiterplatte wird das Grundrastermaß 2,5 mm vorgeschrieben. Das bedeutet, daß alle Bohrungen in den Schnittpunkten eines Gitternetzes liegen, bei dem die einzelnen Linien einen Abstand von 2,5 mm haben. Die Industrie wendet dieses Grundrastermaß an, und alle für gedruckte Schaltungen kontaktierten Bauelemente sind ebenfalls dafür ausgelegt. Für den Elektronikamateur, der noch herkömmliche Bauelemente aus seinem Vorrat zur Bestückung der Leiterplatte verwendet, ist oft das Rastermaß 5 mm günstiger. Nach *TGL* beträgt der Lochdurchmesser 1,3 mm, in der Amateurpraxis genügt meist schon ein Lochdurchmesser von 1,0 mm.

Die Schaltung, für die eine Leiterplatte entworfen werden soll, muß man selbstverständlich vorher erproben. Nachfolgende Änderungen lassen sich meist auf der Leiterplatte nicht mehr verwirklichen, so daß man dann eine neue Leiterplatte entwerfen muß. Für den Entwurf benutzt man entweder kariertes Papier (mit 5-mm-Raster) oder Millimeter-

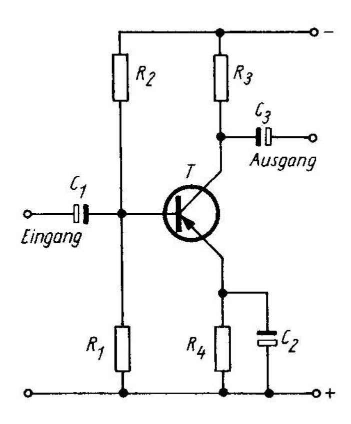
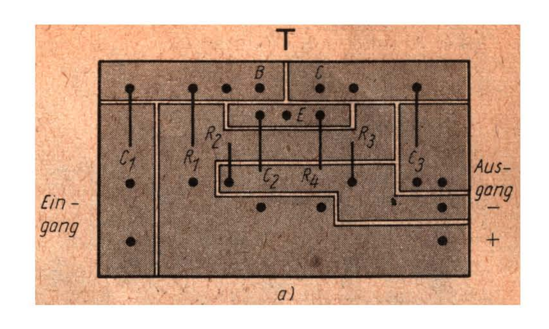



Bild 4.34
Stromlaufplan einer transistorisierten NF-Verstärkerstufe



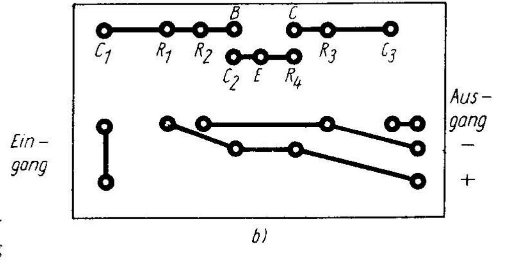




Bild 4.35
Leiterplattenvorlage für die Schaltung nach Bild 4.34; a einfache Ritztechnik, b – gezeichnete Leitungsführung

papier. Dazu stellt man alle Bauelemente zusammen, die für die aufzubauende Schaltung verwendet werden sollen. Damit hat man dann auch die Lochabstände, durch die später die Bauelementeanschlüsse gesteckt werden. Außerdem kann man eine günstige Anordnung der Bauelemente auf dem Papier ausprobieren.

Bild 4.34 zeigt die Schaltung für eine transistorisierte NF-Verstärkerstufe. Bild 4.35a gibt einen Entwurf mit nur einfachen Trennlinien wieder. Dabei käme man ohne den Ätzvorgang aus, da sich diese Trennlinien auch mechanisch in die Kupferschicht der Leiterplatte einbringen lassen. Mit einer Tischbohrmaschine kann man bei einer entsprechenden Einstellung diese Linien fräsen. Auch ein scharfes Messer oder ein Stichel genügt für diese Arbeit. Will man die Trennlinien ätzen, so wird die Platte erwärmt und Wachs aufgebracht. Nach dem Erkalten werden in die Wachsschicht die Trennlinien eingeritzt, die man vorher von der Vorlage auf die Kupferschicht gepaust hat.

Bild 4.35b zeigt eine andere Variante derselben Leiterplatte. Von der Vorlage werden die Löcher leicht durchgekörnt. Dann schlägt man mit dem Nullenzirkel Kreise von 3 bis 4 mm Durchmesser. Als Tusche eignet sich *Heinz*-Tusche in der Farbe scharlachrot. Anschließend werden mit dem Lineal und einer Röhrchenfeder die 2 bis 3 mm breiten Verbindungslinien gezogen und die Kreise mit Tusche ausgefüllt. Damit die Tusche gut haftet, wird die Kupferseite der Leiterplatte mit *ATA-fein* gesäubert und mit Klebeband auf einem größeren Stück Pappe befestigt. Vor dem Zeichnen wischt man die Kupferseite nochmals mit Benzin ab.

Bei HF-Schaltungen ist es günstiger, die einzelnen Leiterzüge in die Massefläche einzubetten. Bild 4.36 zeigt die Schaltung eines transistorisierten Quarzoszillators, während Bild 4.37 die entsprechende Leiterplatte für diese Schaltung darstellt. Die Trennlinien können in Wachs geritzt werden, oder man

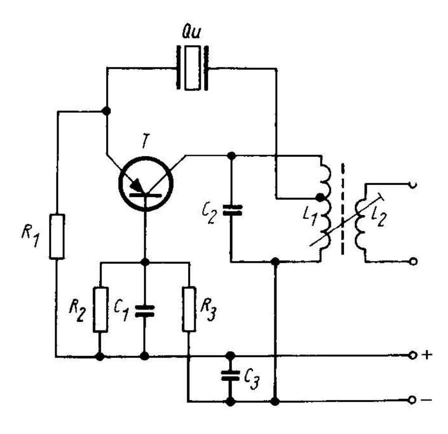



Bild 4.36
Stromlaufplan eines transistorisierten Quarzoszillators

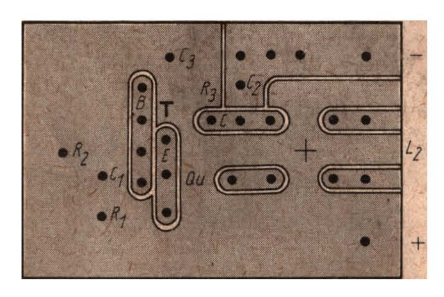



Bild 4.37
Leiterplattenvorlage für die Schaltung nach Bild 4.36

muß die Flächen mit Tusche bzw. einer anderen Farbe abdecken.

Zum Ätzen verwendet man billiges Eisen-III-Chlorid, das man in Wasser auflöst (etwa 450 g in 1 l). Die auf der Pappe befestigte Leiterplatte stellt man schräg in eine Fotoschale mit Ätzlösung. Mit einem Pinsel (ohne Metallteile!) oder einem Wattebausch in einer Plasteklammer bringt man die Ätzlösung ständig auf die Leiterplatte, bis das gewünschte Leiterbild fertig ist. Anschließend wird die Leiterplatte in fließendem Wasser gespült und mit *ATA-fein* oder einer Verdünnung die Abdeckschicht entfernt. Dann bestreicht man die Leitungsführung sofort mit in Spiritus gelöstem Kolophonium, damit eine gute Lötfähigkeit erhalten bleibt. Nachdem die Löcher gebohrt sind (1,0 bis 1,3 mm), kann die Leiterplatte bestückt werden.

Bei den Ätzarbeiten ist Vorsicht geboten, da Hautschäden entstehen können und Flecken sich nicht leicht entfernen lassen. Die Dämpfe hinterlassen einen seifenähnlichen Geschmack am Gaumen. Benutzt man als Ätzmittel Salpetersäure, dann darf nur im Freien geätzt werden, da die entstehenden Gase giftig sind.

Für den Amateur, der die Selbstherstellung von Leiterplatten scheut, zeigt Bild 4.38 eine Universalleiterplatte, die sich vielseitig anwenden läßt. Diese ungelochte Universalleiterplatte kann bezogen werden von *D. Borkmann*, 1195 Berlin, Erich-Lodemann-Straße 47 (Bezeichnung: Universalleiterplatte mit 5-mm-Raster). Die Abmessungen betragen 140 mm × 70 mm, es sind 2 gleichartige Leitersysteme nebeneinander angeordnet. Für kleinere Schaltungen kann man die Leiterplatte trennen. Reichen für eine Schaltung die vorhandenen 13 Leiterbahnen nicht aus, so lassen sich nach Bedarf die einzelnen Leiterbahnen einmal oder mehrmals trennen. Dafür genügt schon ein scharfes, spitzes Messer, mit dem man eine etwa 1 mm breite Trennlinie einkratzt. Die Anordnung der einzelnen Bauelemente kann liegend oder stehend erfolgen.

Bild 4.39 bis Bild 4.41 zeigen weitere Universalleiterplatten, die ebenfalls von *D. Borkmann* unter den angegebenen Bezeichnungen bezogen werden können. Diese Universalleiterplatten eignen sich vor allem zum Aufbau sehr kleiner Bausteine, da die Abmessungen nur 20 mm × 25 mm bzw. 40 mm × 25 mm betragen.

Siehe auch „Leiterplatten-Lieferprogramm 1973/74“ im Tabellenanhang dieses Buches.

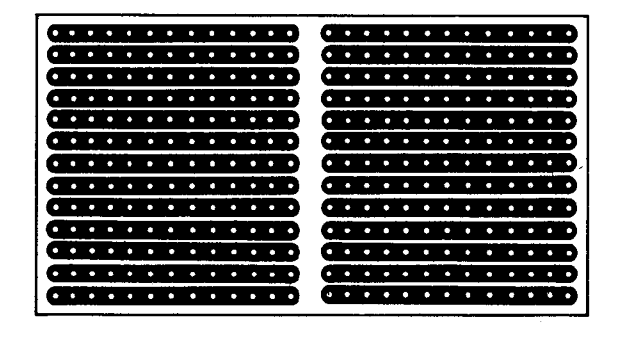


Bild 4.38
Universalleiterplatte mit 5-mm-Raster
(Größe 140 mm × 70 mm)

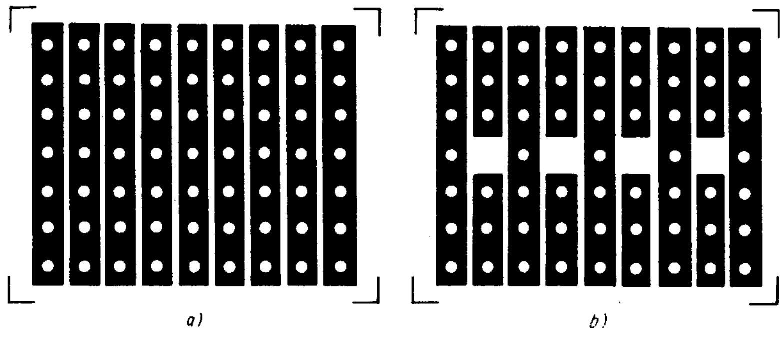



Bild 4.39
a – Universalleiterplatte *Up 1021* (Größe 25 mm × 20 mm); b – Universalleiterplatte *Up 1022* (Größe 25 mm × 20 mm)

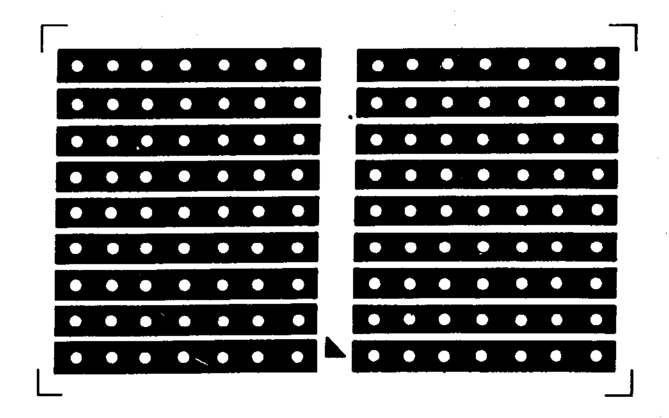


Bild 4.40
Universalleiterplatte *Up 1023*
(Größe 40 mm × 25 mm)

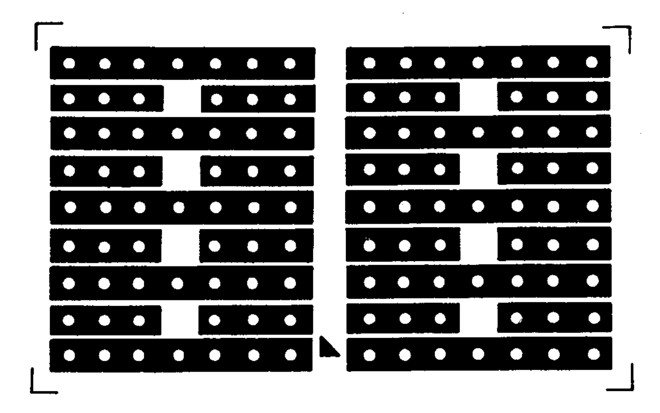


Bild 4.41
Universalleiterplatte *Up 1024*
(Größe 40 mm × 25 mm)

## 4.5. Die Versuchsschaltung

### 4.5.1. Versuchsaufbau für Röhrenschaltungen

Hat man eine Anzahl Bauanleitungen aus Fachzeitschriften, Büchern oder Broschüren nachgebaut, dann möchte man nach eigenen Wünschen ein Gerät bauen. Will man bei solchen eigenen Entwicklungsarbeiten Rückschläge vermeiden, so muß man ein solches Vorhaben gut durchdenken. Zuerst sollte man schriftlich festlegen, welche Anforderungen an das zu entwickelnde Gerät gestellt werden. Daran schließt sich ein Literaturstudium an, um das bereits Vorhandene auf dem entsprechenden Gebiet kennenzulernen. Durch weitere Überlegungen kommt man zum Schaltungsentwurf. Diesen Schaltungsentwurf muß man dann praktisch aufbauen, damit sich die notwendigen Messungen durchführen lassen. Mit Hilfe dieser Messungen vergewissert man sich, ob die Schaltung den gestellten Anforderungen entspricht. Zahlreiche Änderungen werden notwendig sein, ehe die endgültige Schaltung vorliegt.
Baute man die Versuchsschaltung gleich auf dem für das Gerät vorgesehenen Chassis auf, so würde man bei erforderlichen Änderungen das Chassis, eventuell auch die Frontplatte verbohren. Das Gerät sähe dadurch unschön aus.
In der Praxis haben sich für solche Aufgaben spezielle Versuchschassis bzw. Versuchsbrettaufbauten bewährt. Diese sollte man zweckmäßig so aufbauen, daß sie vielseitig verwendet werden können. Da man an der Schaltung oft ändert und auch zahlreiche Messungen durchführt, muß sie leicht zugänglich sein. Das erreicht man ganz einfach durch ein senkrecht stehendes Chassis und zahlreiche Lötösenleisten. Bild 4.42 zeigt einen solchen Versuchsbrettaufbau für Schaltungen mit Elektronenröhren, wie ihn der Verfasser für seine praktischen Versuche verwendet. Das Chassis ist vorgesehen für maximal 4 Miniaturröhren. Die vorn befindlichen Bauelemente wie Drehkondensatoren, Potentiometer und Schalter werden entsprechend der zu probierenden Schaltung aufgebaut. In dem gezeigten Beispiel dient der Versuchsbrettaufbau für die Schaltung eines Geradeausempfängers. Über eine Klemmenleiste führt man die Betriebsspannungen zu. Dafür wird ein komplett aufgebautes Stromversorgungsgerät benutzt, das die benötigten unterschiedlichen Betriebsspannungen liefert. Soll ein ZF-Verstärker ausprobiert werden, so muß man natürlich ein anderes

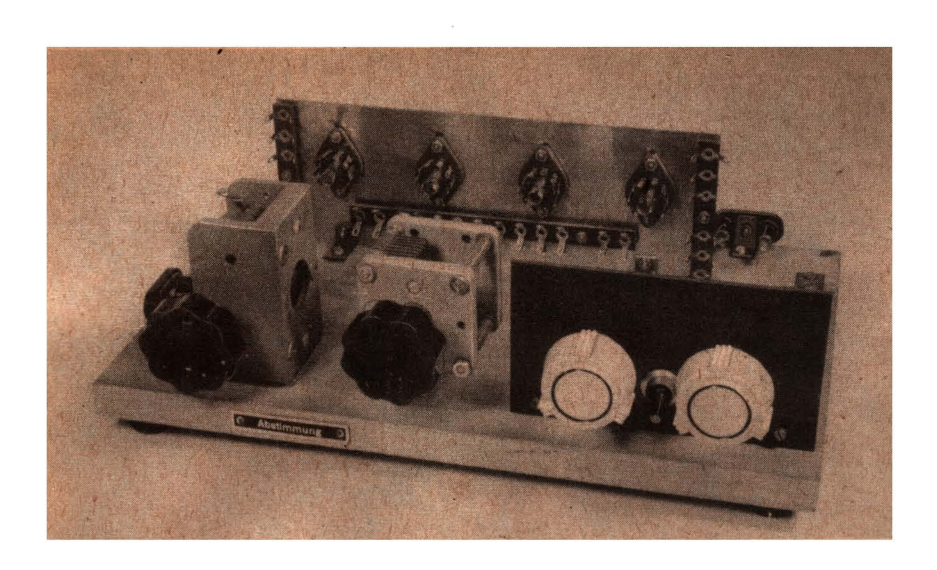
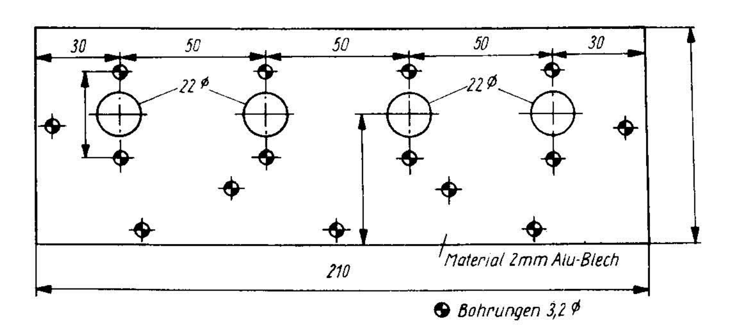



Bild 4.42
Versuchsbrettaufbau für Schaltungen mit Elektronenröhren



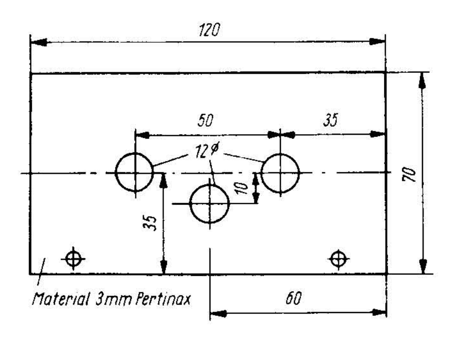




Bild 4.43
Maßskizze für die Teile des Versuchsbrettaufbaus

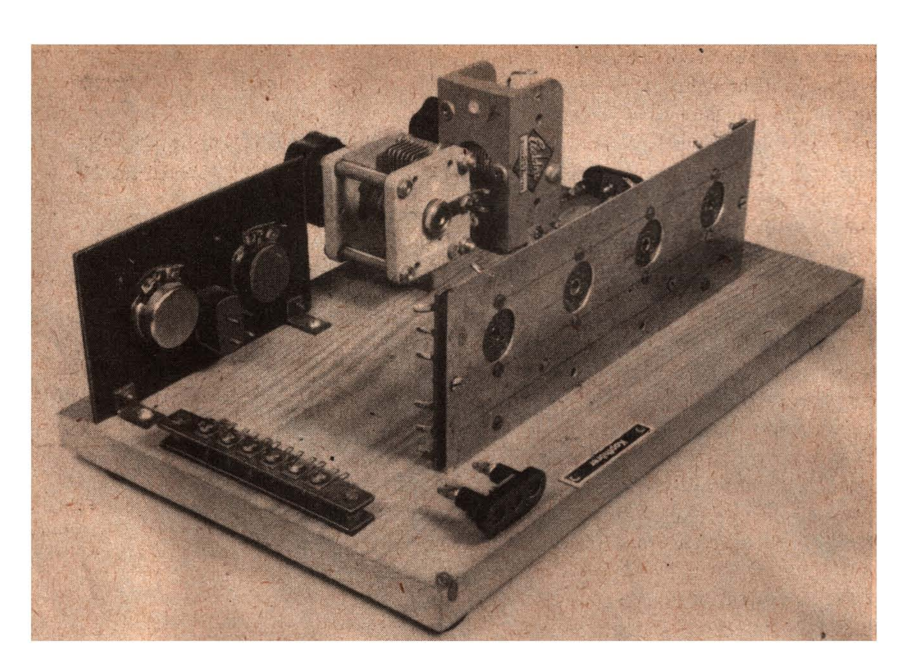


Bild 4.44
Versuchsbrettaufbau nach Bild 4.42, von der anderen Seite gesehen

Chassis verwenden, das die entsprechenden Aussparungen für die Bandfilter enthält.
Die vorn befindlichen Bauelemente werden entweder an einem senkrecht stehenden Brett befestigt oder an entsprechenden Winkeln. Die Variationsmöglichkeiten sind sehr zahlreich, so daß eine universelle Anwendung des Versuchsbrettaufbaus möglich ist. Auf alle Fälle wird eine Menge Zeit, Arbeit und Ärger gespart. Bild 4.43 gibt die Abmessungen für das Chassis und die Befestigungsplatte an. Die Grundplatte hat die Abmessungen 300 mm × 200 mm und besteht aus 15 mm starkem Kiefernholz. Bild 4.44 zeigt den Versuchsbrettaufbau von der anderen Seite.

### 4.5.2. Versuchsaufbau für Transistorschaltungen

Der Nachbau von Schaltungen mit Elektronenröhren ist verhältnismäßig einfach. Mit einer guten Bauanleitung wird man stets annähernd die gleichen Werte erreichen. Beim Nachbau von Transistorschaltungen trifft das nur bedingt zu. Elektronenröhren werden mit einer engen Fertigungstoleranz hergestellt. Bei Transistoren ist das bisher noch nicht möglich. Die Kennwerte der Transistoren streuen erheblich, darum werden sie z. B. auch in verschiedenen Stromverstärkungsgruppen geliefert. Es wird deshalb folgende Empfehlung gegeben: Grundsätzlich sollte man jede Transistorschaltung ausprobieren, ehe man ein Gerät konstruiert. Wird das Gerät gleich komplett aufgebaut, so ist man verärgert, wenn nach der Mühe keine befriedigenden Ergebnisse erzielt werden. Man probiert, ändert und baut um. Zum Abschluß dieser Arbeiten »spielt« das

Gerät zwar, aber vom sauber verdrahteten Aufbau ist nicht mehr viel zu sehen, das Gerät muß also neu aufgebaut werden.
Die nachfolgend beschriebenen Verfahren wendet der Verfasser zum Ausprobieren und zur Neuentwicklung von Schaltungen an. Diese Verfahren sind nicht aufwendig, sparen aber viel Zeit und auch Geld.
Für Versuche mit Transistorschaltungen eignen sich gut 12polige Klemmenleisten, die im Handel erhältlich sind. Auf einer Grundplatte werden mit einem Zwischenraum von etwa 25 mm Breite 2 Klemmenleisten angeordnet. Bild 4.45 zeigt ein Beispiel zum Ausprobieren von Empfängerschaltungen. Als Grundplattenmaterial wird Sperrholz, Preßspan oder Pertinax (2 bis 3 mm stark) verwendet. Kleinere Klemmenleisten dienen zum Anschluß der Stromversorgung und der Ferritantenne bzw. der Schwingkreisspule. Fest montiert auf der Grundplatte ist der Drehkondensator und ein senkrecht stehendes Pertinax-Brettchen, an dem verschiedene Potentiometer für Rückkopplungsregelung, Lautstärkeregelung usw. befestigt sind (s. Hinweise in Bild 4.46). Auf einem getrennten Holzbrett ist ein ovaler Kleinlautsprecher (1 W) aufgebaut. Die Verbindung der meisten funktechnischen Bauelemente erfolgt durch Verschrauben. Nur sehr wenig muß ein Lötkolben in Anspruch genommen werden.
Durch ein solches Experimentierbrett spart man eine Menge Zeit und Arbeit, außerdem

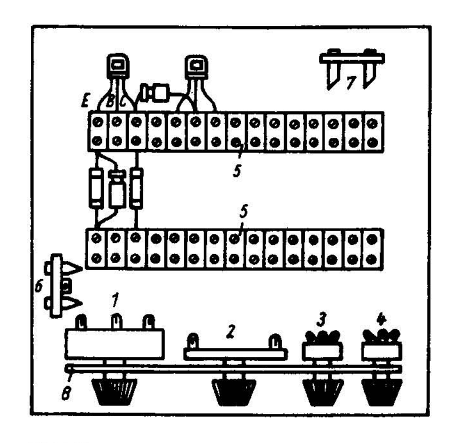
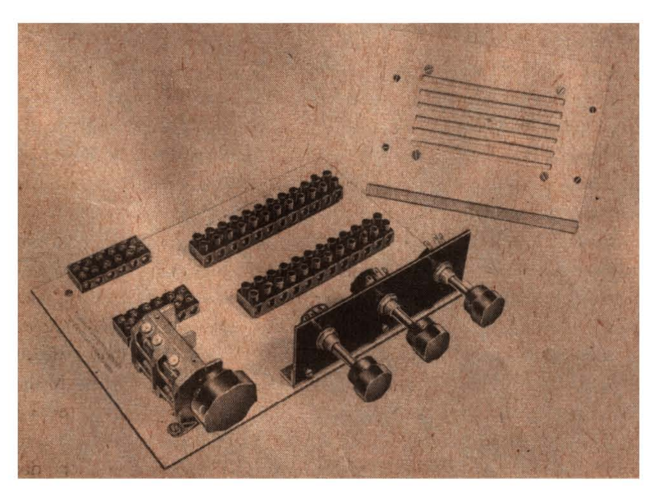


Bild 4.46
Versuchsbrettaufbau für Schaltungen mit Transistoren, Drehkondensator (1, 2), Potentiometer (3, 4), Klemmleisten (5), Buchsen (6, 7), Befestigungsplatte (8)


Bild 4.45
Versuchsaufbau mit Klemmleisten zum Erproben von Transistor-Empfängerschaltungen

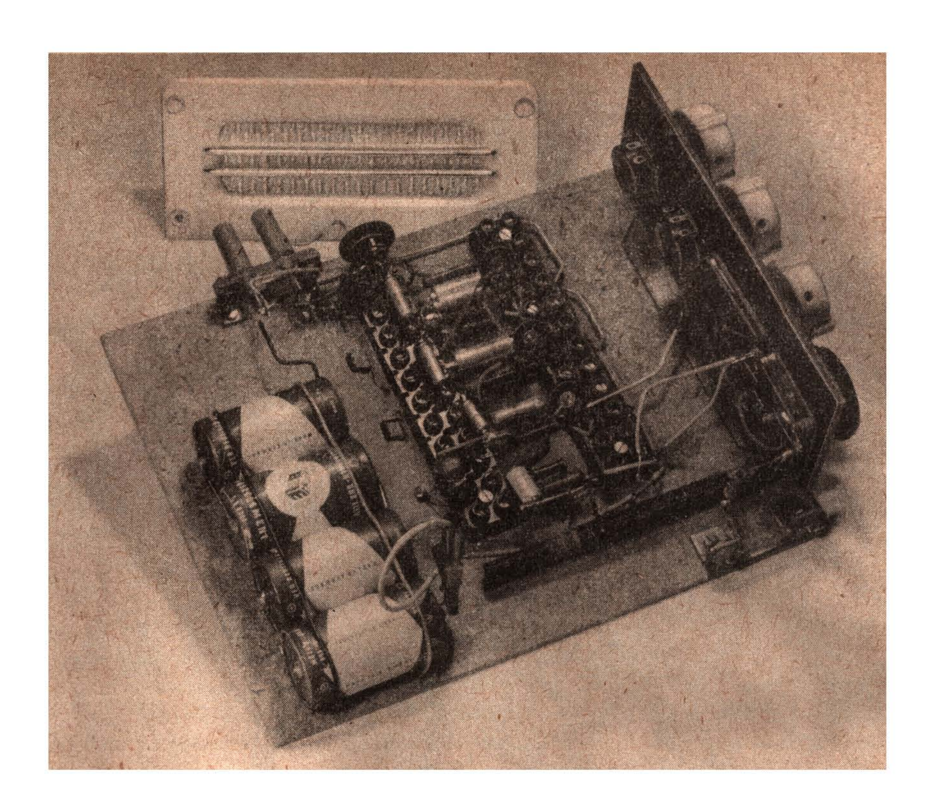


Bild 4.47
**Praktische Ausführung des Transistorversuchsbrettes mit einer Audionschaltung und dreistufigem NF-Verstärker**

kann man nach Herzenslust probieren und studieren.

Der Vorteil einer solchen Brettschaltung ist vor allem darin zu sehen, daß durch einfaches Auswechseln der Widerstände und Kondensatoren die Schaltung eines Gerätes optimal bemessen werden kann. Bekanntlich weisen die gelieferten Transistoren große Streuwerte auf, so daß die in Bauanleitungen angegebenen Größen, vor allem die der Widerstände, nur Anhaltswerte sind. Durch Probieren mit größeren oder kleineren Werten kann man oft die Leistung der Schaltung verbessern.

Für die Stromversorgung einer Versuchsschaltung eignen sich 3 Stabbatterien zu 3 V in Reihenschaltung. Man hat damit die Spannungen 3 V, 6 V und 9 V zur Verfügung. Es können aber auch 2 Flachbatterien zu 4,5 V in Reihenschaltung verwendet werden (4,5 V und 9 V) oder eine entsprechende Anzahl 1,5-V-Elemente. Bild 4.47 zeigt einen Audionempfänger mit 4 Transistoren, der auf einer anderen Ausführung eines Versuchsbrettes aufgebaut ist. Die Transistoren sind in einer Schraubenreihe hintereinander angeordnet (Audion – 1. NF-Stufe – 2. NF-Stufe – NF-Endstufe). Zwischen den Klemmenleisten liegen die meisten Widerstände und Kondensatoren. An einem Schraubenkontakt können 3 bis 4 Anschlüsse verbunden werden. Auch für Elektronikschaltungen lassen sich diese Klemmenleisten benutzen.

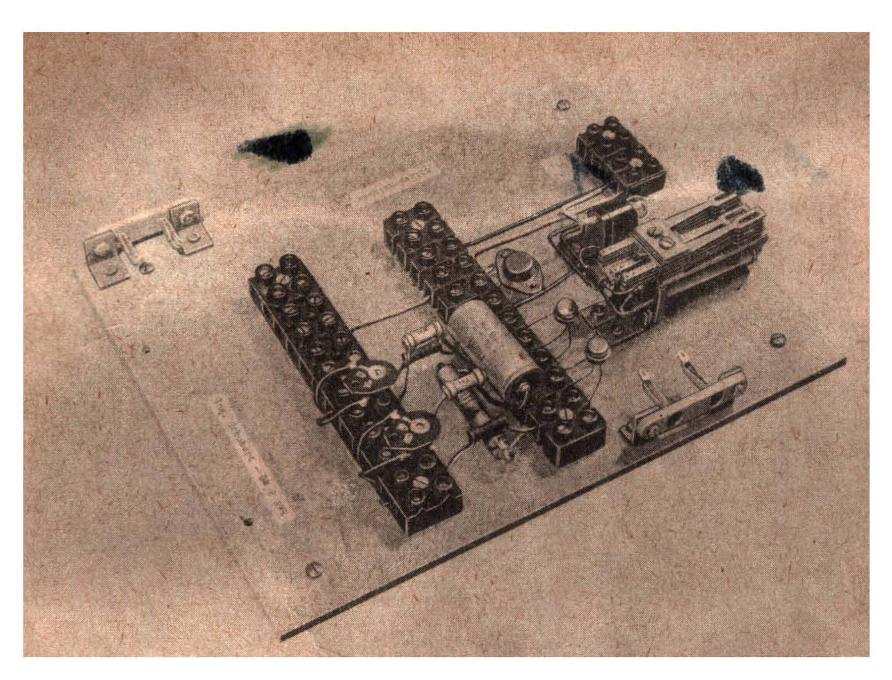


Bild 4.48
Auch für Schaltungen der Elektronik eignet sich ein Versuchsaufbau mit Klemmenleisten (Beispiel: Blinkschaltung)

Bild 4.48 zeigt die Versuchsschaltung für einen Multivibrator, der entweder eine kleine Lampe oder ein Relais betätigt (Blinkschaltung). Mit den beiden Einstellreglern können die Blinkfolge und die Blinkdauer verändert werden.

Die im Prinzip gleiche Anwendung wie mit Klemmenleisten kann man unter Verwendung von Lötösenleisten erreichen. Dabei bleibt es gleich, ob man besondere Lötösenleisten auf einem Grundbrett befestigt oder ob man Lötösen direkt in entsprechende Bohrungen der Grundplatte einnietet. Auf jeden Fall müssen dann alle Verbindungen gelötet werden. Größere, ständig benutzte Bauteile sind ebenfalls fest auf die Grundplatte zu montieren.

Gänzlich ohne Klemmenleisten und Lötösenleisten kommt man aus, wenn die Grundplatte mit Lochreihen versehen wird (Bild 4.49). Damit kann man arbeiten, wie es bei der gedruckten Schaltungstechnik üblich ist. Die Anschlüsse der funktechnischen Bauelemente werden durch die Bohrungen gesteckt. Unterhalb der Grundplatte erfolgt die Verdrahtung durch Löten. Als Grundplattenmaterial empfiehlt sich 2 mm starkes Pertinax oder ein geschichteter Plastwerkstoff, z. B. Sprelacart. Die Oberfläche sollte möglichst weiß sein, da sich dann gut Fotoaufnahmen für Bauanleitungen anfertigen lassen. Für die senkrechten und waagrechten Lochabstände werden die Werte 5 mm, 6 mm, 8 mm bzw. 10 mm empfohlen; der Lochdurchmesser sollte 1,6 mm bis 2 mm betragen. Die Größe der Grundschaltung richtet sich nach dem Umfang der aufzubauenden Transistorschaltung. Der Platten-

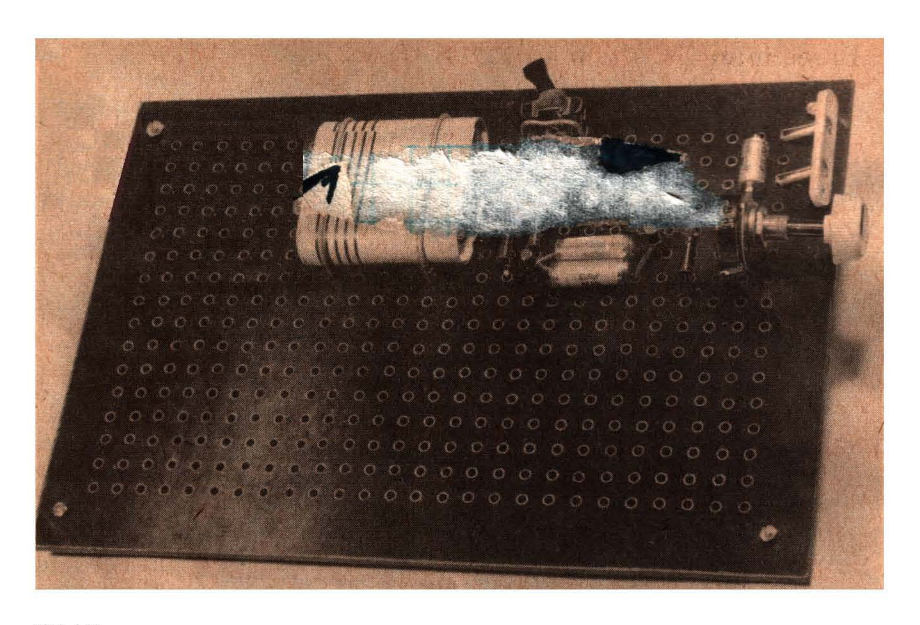


**Bild 4.49**

**Transistorversuchsbrett mit Lochraster (10 mm Lochabstand, 3 mm Lochdurchmesser). Die Verdrahtung erfolgt unter dem Versuchsbrett. Aufgebaut ist ein Transistor-Multivibrator**

rand ist etwa 15 bis 20 mm breit. Bild 4.49 stellt einen Multivibrator mit 2 Transistoren *GC 100* dar. Der eine Kollektorwiderstand wird durch das Potentiometer gebildet, damit man die Ausgangsspannung regelbar über den Elektrolytkondensator an den Buchsen entnehmen kann.

Auch für den Aufbau kompletter Schaltungen, die man in ein Gehäuse einbauen will, eignet sich diese Art Lochplatte. Bild 4.50 zeigt das Beispiel für einen 3stufigen NF-Verstärker, der in einem Telefonverstärker verwendet wurde.

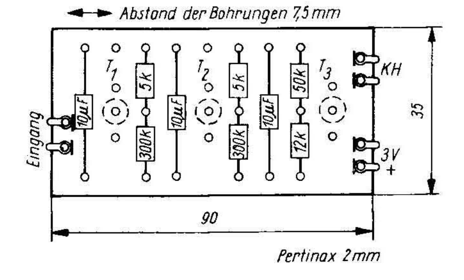



Bild 4.50
Aufbau eines 3stufigen NF-Verstärkers auf einer vorgelochten Pertinaxplatte

# 5. Berechnungen, die man selbst durchführt

## 5.1. Schwingkreise

Die Abstimmung eines Empfängers oder Senders auf eine bestimmte Frequenz erfolgt mit Schwingkreisen. Ein Schwingkreis besteht aus der Parallelschaltung einer Spule $L$ und eines Kondensators $C$ (Bild 5.1). Will man den Schwingkreis in seiner Resonanzfrequenz $f$ veränderbar haben, so muß eine der beiden Größen variabel sein. Läßt sich mit einem verschiebbaren HF-Eisenkern die Induktivität der Spule $L$ verändern, so spricht man von einer Induktivitätsabstimmung. Weitaus gebräuchlicher ist allerdings die Kapazitätsabstimmung durch Anwendung eines Drehkondensators. Drehkondensatoren sind in verschiedenen Ausführungsformen im Handel erhältlich. Will man keinen fertig beschalteten Spulensatz kaufen, so müssen die für einen bestimmten Frequenzbereich erforderlichen Daten der HF-Spulen errechnet werden.

Die Resonanzfrequenz $f$ eines Schwingkreises wird mit der *Thomson*schen Formel berechnet:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}, \qquad (1)$$

$f$ in Hz, $L$ in H, $C$ in F.

Da diese Einheiten für den praktischen Gebrauch zu groß sind, gelten folgende entsprechend zugeschnittene Größengleichungen:

$$f = \frac{5030}{\sqrt{L \cdot C}}, \qquad (2)$$

$f$ in kHz, $L$ in mH, $C$ in pF;

$$f = \frac{159\,200}{\sqrt{L \cdot C}}, \qquad (3)$$

$f$ in kHz, $L$ in µH, $C$ in pF;

$$f = \frac{5{,}03}{\sqrt{L \cdot C}}, \qquad (4)$$

$f$ in MHz, $L$ in mH, $C$ in pF;

$$f = \frac{159{,}2}{\sqrt{L \cdot C}}, \qquad (5)$$

$f$ in MHz, $L$ in µH, $C$ in pF.

Wird nach der Größe der Induktivität $L$ einer Spule für eine bestimmte Resonanzfrequenz $f$ bei einer vorhandenen Kapazität $C$ gefragt, so ergeben sich folgende Formeln:

$$L = \frac{253 \cdot 10^5}{f^2 \cdot C}, \qquad (6)$$

$L$ in mH, $f$ in kHz, $C$ in pF;

$$L = \frac{25{,}3}{f^2 \cdot C}, \qquad (7)$$

$L$ in mH, $f$ in MHz, $C$ in pF;

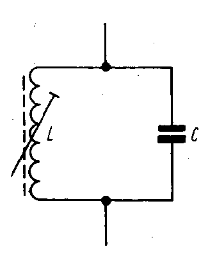



Bild 5.1
Stromlaufplan für einen Parallelschwingkreis

$$L = \frac{253 \cdot 10^8}{f^2 \cdot C}, \tag{8}$$

$L$ in μH, $f$ in kHz, $C$ in pF;

$$L = \frac{25\,300}{f^2 \cdot C}, \tag{9}$$

$L$ in μH, $f$ in MHz, $C$ in pF.

Soll die Größe der Kapazität $C$ für eine bestimmte Resonanzfrequenz $f$ bei einer vorhandenen Induktivität $L$ berechnet werden, so benutzt man folgende Formeln:

$$C = \frac{253 \cdot 10^5}{f^2 \cdot L}, \tag{10}$$

$C$ in pF, $f$ in kHz, $L$ in mH;

$$C = \frac{25{,}3}{f^2 \cdot L}, \tag{11}$$

$C$ in pF, $f$ in MHz, $L$ in mH;

$$C = \frac{253 \cdot 10^8}{f^2 \cdot L}, \tag{12}$$

$C$ in pF, $f$ in kHz, $L$ in μH

$$C = \frac{25\,300}{f^2 \cdot L}, \tag{13}$$

$C$ in pF, $f$ in MHz, $L$ in μH.

Einige Beispiele sollen die Anwendung dieser Formeln erläutern.

*Beispiel*

Welche Resonanzfrequenz $f$ hat ein Schwingkreis mit den Werten $L = 2$ mH und $C = 500$ pF?

Mit Formel (2) erhält man

$$f = \frac{5030}{\sqrt{2 \cdot 500}} = \frac{5030}{\sqrt{1000}} = \frac{5030}{31{,}6} \approx 159 \text{ kHz}.$$

*Beispiel*

Welche Resonanzfrequenz $f$ hat ein Schwingkreis mit den Werten $L = 4$ μH und $C = 40$ pF?

Mit Formel (5) erhält man

$$f = \frac{159{,}2}{\sqrt{4 \cdot 40}} = \frac{159{,}2}{\sqrt{160}} = \frac{159{,}2}{12{,}6} \approx 12{,}6 \text{ MHz}.$$

*Beispiel*

Mit einer Kapazität von $C = 300$ pF soll ein Schwingkreis mit der Resonanzfrequenz von $f = 800$ kHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Induktivität der Spule sein?

Mit Formel (6) erhält man

$$L = \frac{253 \cdot 10^5}{800^2 \cdot 300} = \frac{253 \cdot 10^5}{64 \cdot 10^4 \cdot 30 \cdot 10^1} = \frac{253}{64 \cdot 30} = \frac{253}{1920} \approx 0{,}132 \text{ mH}.$$

*Beispiel*

Mit einer Kapazität von $C = 20$ pF soll ein Schwingkreis mit der Resonanzfrequenz von $f = 28$ MHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Induktivität $L$ der Spule sein?

Mit Formel (9) erhält man

$$L = \frac{25\,300}{28^2 \cdot 20} = \frac{25\,300}{784 \cdot 20} = \frac{2530}{784 \cdot 2} = \frac{2530}{1568} \approx 1{,}61 \text{ μH}.$$

*Beispiel*

Mit einer Induktivität von $L = 0{,}2$ mH soll ein Schwingkreis mit der Resonanzfrequenz von $f = 500$ kHz aufgebaut werden. Wie groß muß die Kapazität $C$ des Kondensators sein?

Mit Formel (10) erhält man

$$C = \frac{253 \cdot 10^5}{500^2 \cdot 0{,}2} = \frac{253 \cdot 10^5}{25 \cdot 10^4 \cdot 0{,}2} = \frac{2530}{25 \cdot 0{,}2} = \frac{2530}{5} = 506 \text{ pF}.$$

*Beispiel*

Mit einer Induktivität von $L = 20$ μH soll ein Schwingkreis mit der Resonanzfrequenz von $f = 3{,}5$ MHz aufgebaut werden. Wie

groß muß die Kapazität $C$ des Kondensators sein?

Mit Formel (13) erhält man

$$C = \frac{25\,300}{3{,}5^2 \cdot 20} = \frac{25\,300}{12{,}25 \cdot 20}$$
$$= \frac{2530}{12{,}25 \cdot 2} = \frac{2530}{24{,}5} = 103 \text{ pF}.$$

Wenn man den Abstimmbereich eines Empfängers oder eines anderen Gerätes berechnen will, muß man die Anfangs- und die Endkapazität des verwendeten Drehkondensators kennen. Bei einem Drehkondensator $C_D$ bezeichnet man die Anfangskapazität mit $C_a$ und die Endkapazität mit $C_e$. Die Änderung der Drehkondensatorkapazität erfolgt also zwischen $C_a$ und $C_e$. Diese Kapazitätsänderung des Drehkondensators bezeichnet man mit $\Delta C$ und bestimmt sie aus folgender Gleichung:

$$\Delta C = C_e - C_a.$$

Da Kapazität und Frequenz durch die *Thomson*sche Schwingungsgleichung miteinander verbunden sind, kann man mit einer bestimmten Kapazitätsvariation eine bestimmte Frequenzvariation erzielen. Die Kapazitätsvariation $V_c$ erhält man zu

$$V_c = \frac{C_e}{C_a}.$$

Für die Berechnungen bei Schwingkreisen muß man aber berücksichtigen, daß dem Drehkondensator noch weitere Kapazitäten parallelliegen. Das sind z. B. die Schaltkapazität, die Wicklungskapazität der Spule, die Röhreneingangskapazität, ein Paralleltrimmer und eventuell eine parallelliegende Festkapazität. Diese Kapazitätswerte müssen zur Kapazität des Drehkondensators addiert werden. Für die Gesamtschaltung des Schwingkreises erhält man dann eine Kapazitätsvariation von

$$V_c' = \frac{C_e + C_p + C_z}{C_a + C_p + C_z}.$$

Ein Abstimmbereich wird von einer unteren Frequenzgrenze $f$u bis zu einer oberen Frequenzgrenze $f$o abgestimmt. Dabei ist die Frequenzvariation

$$V = \frac{f_o}{f_u}.$$

Für eine vorhandene Kapazitätsvariation eines Schwingkreises erhält man

$$V_c' = V^2 = \left(\frac{f_o}{f_u}\right)^2$$

oder

$$\frac{f_o}{f_u} = V = \sqrt{V_c'} = \sqrt{\frac{C_e}{C_a}}.$$

*Beispiel*

Eine Schwingkreisschaltung hat eine Kapazitätsvariation von $V_c' = 9$. Welche Frequenzvariation ist in dieser Schaltung möglich?

$$V = \sqrt{V_c'} = \sqrt{9} = 3.$$

Es kann also ein Frequenzbereich in einem Verhältnis von 1 : 3 abgestimmt werden.

Für die interessierenden Frequenzbereiche bei Rundfunkempfängern nachstehend folgende Angaben:

| | | $V$ | $V^2$ |
|---|---|---|---|
| Langwelle | 150 bis 415 kHz | 2,77 | 7,67 |
| Mittelwelle | 510 bis 1620 kHz | 3,17 | 10,05 |
| Kurzwelle | 6 bis 20 MHz | 3,33 | 11,09 |

Zur weiteren Berechnung seien von 3 Drehkondensatoren des VEB *Fernmeldewerk* Arnstadt die Werte angegeben:

Drehkondensator Typ *102*

$$C_a = 9 \text{ pF} \quad C_e = 527 \text{ pF} \quad \Delta C = 518 \text{ pF},$$

Kleindrehkondensator

$$C_a = 15 \text{ pF} \quad C_e = 545 \text{ pF} \quad \Delta C = 530 \text{ pF},$$

*Sternchen*-Drehkondensator Typ *105*

a) Vorkreis (ANT)

$C_a = 10$ pF $C_e = 200$ pF $\Delta C = 190$ pF,

b) Oszillatorkreis (OSZ)

$C_a = 10$ pF $C_e = 90$ pF $\Delta C = 80$ pF.

Die Kapazitätsänderung der angebauten Trimmer beträgt $\Delta C = 8$ pF.

Merken muß man sich, daß die gegebene Kapazitätsvariation einer Schwingkreisschaltung die maximal erreichbare Frequenzvariation bestimmt. Kleinere Frequenzvariationen, z. B. Bandspreizschaltungen, lassen sich jederzeit durch die elektrische Verkürzung der Schwingkreiskapazitäten erreichen. Bild 5.2 zeigt die Schaltung eines Schwingkreises, wie er z. B. bei Rundfunkempfängern benutzt wird. Mit $L$ bezeichnet man die Schwingkreisspule. $C_D$ ist der Drehkondensator, mit dem man die Abstimmung vornimmt; $C_p$ ist der Paralleltrimmer, der zum Abgleich der Schaltung dient. In $C_z$ sind die zusätzlichen Kapazitäten zusammengefaßt. $C_p$ und $C_z$ bilden die im Schwingkreis vorhandenen Kapazitäten, die durch diese Parallelschaltung zum Drehkondensator dessen Kapazitätsvariation einengen, wir bezeichnen sie mit $C_p$. Ein Schwingkreis soll den Frequenzbereich von $f_u$ bis $f_o$ abstimmen, dann ist die Frequenzvariation

$$V = \frac{f_o}{f_u};$$

$f_u$ – untere Frequenzgrenze in MHz, $f_o$ – obere Frequenzgrenze in MHz.

Die Induktivität der Schwingkreisspule ist daher

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4 (V^2 - 1)}{(C_e - C_a) \cdot f_o^2};$$

$L$ – Induktivität der Schwingkreisspule in µH, $C_e$ – Endkapazität des verwendeten Drehkondensators in pF, $C_a$ – Anfangskapazität des verwendeten Drehkondensators in pF.

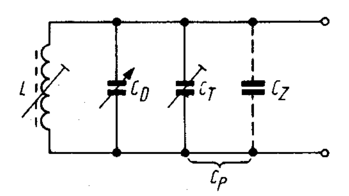



Bild 5.2
Stromlaufplan eines Schwingkreises, wie er z. B. für Empfänger benutzt wird

Die dem Drehkondensator $C_D$ parallelliegende Kapazität $C_p$ muß also den Wert

$$C_p = \frac{C_e - V^2 \cdot C_a}{V^2 - 1}$$

($C_p$ in pF) haben.

Welche Werte treten für die Zusatzkapazitäten auf?

$$C_z = C_L + C_s + C_{eing};$$

$C_L$ – Windungskapazität der Spule, etwa 3 bis 25 pF, $C_s$ – Schaltungskapazität, etwa 5 bis 20 pF, $C_{eing}$ – Röhreneingangskapazität laut Röhrentabelle, z. B. für die Röhre *ECH 81* ist sie 4,9 pF. Da die genauen Werte von $C_L$ und $C_s$ meist nicht bekannt sind, nimmt man ungefähre Werte an. Beim Abgleich kann man mit dem Trimmer den Wert ausgleichen. Der Trimmer muß in Mittelstellung seines Rotors die folgende Kapazität aufweisen:

$$C_T = C_p - C_z.$$

Für Empfangsschaltungen verwendet man meist den *Hescho*-Trimmer *Ko 2496*, der zwischen 4,5 pF und 18 pF, oder den *Hescho*-Trimmer *Ko 2497*, der zwischen 5 pF und 27 pF einstellbar ist. Die Mittelstellung des Trimmers *Ko 2496* liegt bei etwa 11 pF, die des Trimmers *Ko 2497* bei etwa 16 pF. Reichen die Trimmerkapazität und die zusätzlichen Kapazitäten für die erforderliche Parallelkapazität $C_p$ des Schwingkreises nicht aus, so muß noch ein Festkondensator parallelgeschaltet werden.

*Beispiel*

Mit einem Drehkondensator Typ *102* des VEB *Fernmeldewerk* Arnstadt soll der Mittelwellenbereich abgestimmt werden. Wie groß ist die Induktivität der Schwingkreisspule, und welche Größe hat die erforderliche Parallelkapazität des Schwingkreises?

$$C_a = 9\,\text{pF}\,, \quad C_e = 527\,\text{pF}\,,$$

$$f_u = 0{,}510\,\text{MHz}\,, \quad f_o = 1{,}620\,\text{MHz}\,;$$

gewählte Größen: $C_L = 12{,}5\,\text{pF}$, $C_s = 10\,\text{pF}$. Da der Schwingkreis am Steuergitter der Röhre *EF 80* liegen soll, ist $C_{\text{eing}} = 7{,}5\,\text{pF}$.

$$V = \frac{1{,}620}{0{,}510} = 3{,}17\,;$$

$$V^2 = 3{,}17^2 = 10{,}05\,;$$

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4\,(10{,}05 - 1)}{(527 - 9) \cdot 1{,}62^2}$$

$$= \frac{22{,}8 \cdot 10^4}{518 \cdot 2{,}63} = \frac{22{,}8 \cdot 10^{-4}}{1360} = \frac{228}{1{,}36}$$

$$= 168\,\mu\text{H}\,;$$

$$C_p = \frac{527 - 10{,}05 \cdot 9}{10{,}05 - 1} = \frac{527 - 90{,}45}{9{,}05}$$

$$= \frac{436{,}55}{9{,}05} = 48{,}5\,\text{pF}\,;$$

$$C_z = 12{,}5 + 10 + 7{,}5 = 30\,\text{pF}\,;$$

$$C_T = C_p - C_z = 48{,}5 - 30 = 18{,}5\,\text{pF}\,.$$

Es kann also der *Hescho*-Trimmer *Ko 2497* benutzt werden. Bild 5.3 zeigt den Stromlaufplan des berechneten Schwingkreises.

Im Kurzwellenbereich wendet man oft Schwingkreise mit Bandspreizung an, da nur der Empfang bestimmter Frequenzbereiche

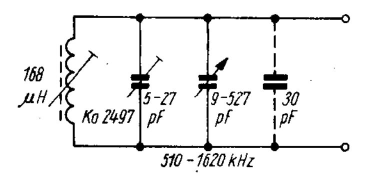



Bild 5.3
So sieht der berechnete Schwingkreis für den MW-Bereich aus

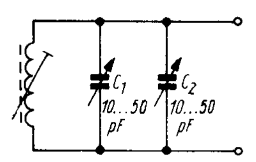



Bild 5.4
Bandspreizschaltung mit getrennten Drehkondensatoren (C 1 - Bandsetzkondensator, C 2 - Bandabstimmkondensator)

interessiert. Das können die einzelnen Rundfunkbänder sein in den Bereichen des 49-, 41-, 31-, 25-, 19-, 16- oder 13-m-Bandes. Den Funkamateur interessieren meist nur die Amateurfunkbereiche im Kurzwellengebiet

80-m-Band von 3,500 bis 3,800 MHz
40-m-Band von 7,000 bis 7,100 MHz
20-m-Band von 14,000 bis 14,350 MHz
15-m-Band von 21,000 bis 21,450 MHz
10-m-Band von 28,000 bis 29,700 MHz

Eine Feinabstimmung bzw. Bandspreizung läßt sich im KW-Bereich sehr einfach mit 2 verschiedenen Drehkondensatoren verwirklichen. Bild 5.4 zeigt den Stromlaufplan eines Abstimmkreises mit den beiden Drehkondensatoren *C* 1 und *C* 2. Der Drehkondensator *C* 1 (etwa 10 bis 500 pF) ist der *Bandsetzer*-Drehkondensator, der Drehkondensator *C* 2 (etwa 10 bis 50 pF) der *Bandabstimm*-Drehkondensator. Beide Drehkondensatoren werden getrennt abgestimmt. Mit dem *Bandsetzer*-Drehkondensator stellt man die Anfangsfrequenz des interessierenden KW-Bandes ein. Das KW-Band wird dann mit dem *Bandabstimm*-Drehkondensator abgestimmt. Eine andere Methode zeigt Bild 5.5, bei dem der *Bandsetzer*-Drehkondensator durch einen Umschalter ersetzt ist. Dieser Umschalter legt verschieden große Kapazitäten parallel zum *Bandabstimm*-Drehkondensator.

Interessiert nur der Empfang schmaler KW-Bereiche, z. B. bei Amateur-KW-Empfängern, so wird der Schwingkreis nur für diesen

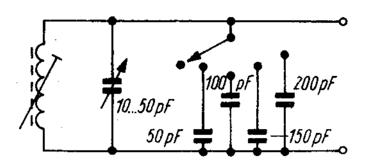



Bild 5.5
Bandspreizschaltung mit umschaltbaren Bandsetzkondensatoren

schmalen Empfangsbereich ausgelegt, um eine weitestgehende Bandspreizung zu erreichen. Der verwendete Drehkondensator muß dann durch Serien- und Parallelkapazitäten elektrisch verkürzt werden. Da die Berechnung von Bandspreizschaltungen nicht einfach ist, wollen wir nur einige Faustformeln angeben. Beim Feinabgleich des gebauten Empfängers kann man dann die errechneten Werte korrigieren. Bild 5.6 zeigt den Stromlaufplan für einen Schwingkreis mit Bandspreizung. Der Abstimm-Drehkondensator mit dem parallelliegenden Kondensator $C_1$ wird durch den in Reihe dazugeschalteten Kondensator $C_2$ elektrisch verkürzt.

Als erstes interessiert wieder die Frequenzvariation, für die der Schwingkreis ausgelegt werden soll.

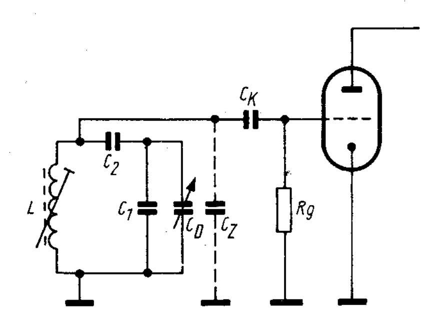



Bild 5.6
Stromlaufplan eines Schwingkreises mit elektrisch durchgeführter Bandspreizung

$$V = \frac{f_o}{f_u};$$

$f_u$ – untere Frequenzgrenze in MHz, $f_o$ – obere Frequenzgrenze in MHz.

Als nächster Wert muß festgelegt werden, welche minimale Kapazität der Schwingkreis nach der Verkürzung des Drehkondensators aufweisen muß. Diese minimale Kreiskapazität $C_o$ liegt im KW-Gebiet erfahrungsgemäß zwischen 50 und 200 pF. $\Delta C$ ist wieder die Kapazitätsänderung des verwendeten Drehkondensators

$$\Delta C = C_e - C_a;$$

$C_e$ – Endkapazität des Drehkondensators in pF, $C_a$ – Anfangskapazität des Drehkondensators in pF.

Vergessen werden dürfen auch nicht die zusätzlichen Kapazitäten

$$C_z = C_L + C_s + C_{eing}.$$

Da die Formel für die Berechnung des Kondensators $C_1$ sehr umfangreich ist, wird erst eine Hilfsgröße H berechnet;

$$H = \frac{\Delta C (V^2 C_o - C_z)(C_o - C_z)}{C_o(V^2 - 1)}.$$

Dann ist

$$C_1 = \sqrt{\frac{\Delta C^2}{4} + H} - \frac{\Delta C}{2}$$

und

$$C_2 = \frac{(C_o - C_z) \cdot C_1}{C_1 - (C_o - C_z)};$$

alle Werte in pF.

Die Induktivität der Spule erhält man zu

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f_o^2 \cdot C_o}:$$

$L$ in µH, $f_o$ in MHz, $C_o$ in pF.

*Beispiel*

Es soll ein Schwingkreis berechnet werden, der den Bereich von $f_u = 3{,}5$ MHz bis $f_o =$

3,8 MHz erfaßt. Der verwendete Drehkondensator hat die Werte $C_a = 10$ pF und $C_e = 200$ pF. Die minimale Kreiskapazität nehmen wir mit $C_0 = 100$ pF an. Die benutzte Röhre *EF 89* hat eine Eingangskapazität von $C_{eing} = 5{,}5$ pF. Die Schaltungskapazität wird mit $C_s = 10$ pF, die Kapazität der Spulenwindungen mit $C_L = 4{,}5$ pF angenommen.

$$V = \frac{3{,}8}{3{,}5} = 1{,}08\,;$$

$$V^2 = 1{,}08^2 = 1{,}17\,;$$

$$\Delta C = 200 - 10 = 190 \text{ pF}\,;$$

$$C_z = 4{,}5 + 10 + 5{,}5 = 20 \text{ pF}\,;$$

$$H = \frac{190\,(1{,}17 \cdot 100 - 20)\,(100 - 20)}{100\,(1{,}17 - 1)}$$

$$= \frac{190 \cdot 97 \cdot 80}{17} = 86\,700\,;$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{190^2}{4} + 86\,700} - 95$$

$$= \sqrt{95\,725} - 95 \approx 214 \text{ pF}\,;$$

$$C_2 = \frac{(100 - 20)\,214}{214 - (100 - 20)} = \frac{80 \cdot 214}{134}$$

$$= 128 \text{ pF}\,;$$

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{3{,}8^2 \cdot 100} = \frac{253}{14{,}4} = 17{,}5\ \mu\text{H}\,.$$

Um die Werte von $C_1$ und $C_2$ beim Feinabgleich genau einstellen zu können, verwendet man jeweils einen Festkondensator mit parallelgeschaltetem Trimmerkondensator.

Bild 5.7 zeigt die berechnete Schaltung.

Antennenspulen, Rückkopplungsspulen und Ankopplungsspulen werden nicht berechnet, da die Zahl der Einflüsse zu groß ist. Man verwendet hierbei für die Festlegung der Windungszahlen Näherungswerte, die durch praktische Erfahrungen gewonnen wurden.

Antennenspulen:

für lose Ankopplung 20 bis 40% der Windungszahl der Schwingkreisspule

für feste Ankopplung 40 bis 60% der Windungszahl der Schwingkreisspule

Rückkopplungsspulen:

getrennte Wicklung 30 bis 100% je nach Steilheit der Röhre und nach der Frequenz

Anzapfung vom unteren Ende (z. B. *ECO*) 20 bis 40% je nach Steilheit der Röhre und nach der Frequenz

Ankopplungsspulen:

z. B. HF-Röhre an Mischröhren Eingangskreis 40 bis 60% der Windungszahl der Schwingkreisspule

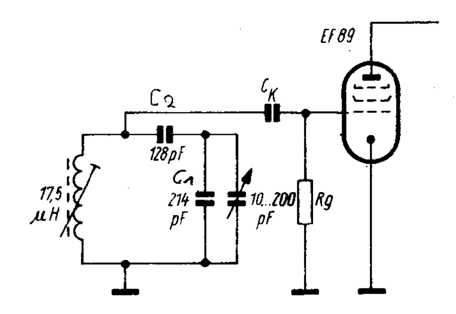



Bild 5.7
So sieht der Schwingkreis für das 80-m-Amateur-KW-Band aus

## 5.2. Hochfrequenzspulen

Hat man die Größe der Induktivität $L$ bestimmt, so ist noch die Windungszahl $w$ zu errechnen, die ein gewählter HF-Eisenkern erhalten muß, damit eine Spule mit der errechneten Induktivität $L$ entsteht. Wird zum Aufbau der Spule ein HF-Eisenkern verwendet, so gehen die Form des HF-Eisenkerns und die Eigenschaften des HF-Eisens in die Rechnung ein. Um einfache Verhältnisse zu schaffen, werden Form und Eigenschaften des HF-Eisenkernes in der sogenannten

Kernkonstante $K_1$ zusammengefaßt. Die Kernkonstante $K_1$, auch als Kernfaktor bezeichnet, wird für verschiedene HF-Eisenkerne in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle Kernkonstante für verschiedene HF-Eisenkerne

| Kernform | Kernfaktoren $K_1$ | $K_2$ |
|---|---|---|
| Haspelkern | 154 | 4,81 |
| H-Kern | 136 | 4,3 |
| Rollenkern | 146 | 4,62 |
| Allei-Einheitsspule | 161 | 5,1 |
| MV 311 | 164 | 5,2 |
| Dralowid-Würfelspule | 177 | 5,6 |
| Draloperm-Topfkern | 136 | 4,3 |
| Görler F 201 | 167 | 5,3 |
| Görler F 202 | 152 | 4,8 |
| Görler F 272 | 170 | 5,4 |

Die Formel für die Berechnung der Windungszahl lautet dann

$$w = K_1 \sqrt{L} \qquad (1)$$

oder

$$w = K_2 \sqrt{L}\,. \qquad (2)$$

Während Formel (1) für Induktivitätsangaben in mH verwendet wird, rechnet man mit Formel (2) bei Induktivitätsangaben in µH. Zwischen den beiden Kernfaktoren $K_1$ und $K_2$ besteht folgende Beziehung:

$$K_1 = K_2 \cdot \sqrt{10^3} = K_2 \cdot \sqrt{1000}\,.$$

In vielen Fällen wird in den Informationsblättern der Industrie für HF-Eisenkerne die Induktivitätskonstante $A_L$ angegeben. Das ist die Induktivität einer Windung, die auf dem entsprechenden Kern aufgebracht wird. Zur Berechnung der Windungszahl gilt dann die Formel

$$w = \sqrt{\frac{L}{A_L}}\,; \qquad (3)$$

$L$ in µH, $A_L$ in µH.

Die Beziehung zwischen Kernfaktor und Induktivitätskonstante lautet

$$A_L = \frac{1}{K_2^2}\,.$$

*Beispiel*

Mit einem Haspelkern, dessen Kernfaktor $K_1 = 154$ beträgt, soll eine Induktivität von $L = 0{,}2$ mH verwirklicht werden. Wieviel Windungen müssen auf den Spulenkörper aufgebracht werden? Mit Formel (1) erhält man

$$w = 154 \sqrt{0{,}2} = 154 \cdot 0{,}446 \approx 69 \text{ Wdg}\,.$$

*Beispiel*

Mit einem HF-Eisenkern *Görler F 202*, dessen Kernfaktor $K_2 = 4{,}8$ beträgt, soll eine Induktivität von $L = 40$ µH verwirklicht werden. Wieviel Windungen müssen auf den Spulenkörper aufgebracht werden? Mit Formel (2) erhält man

$$w = 4{,}8 \sqrt{40} = 4{,}8 \cdot 6{,}3 \approx 30 \text{ Wdg}\,.$$

*Beispiel*

Für einen HF-Eisenkern wird eine Induktivitätskonstante von $A_L = 39 \cdot 10^{-3}$ µH angegeben. Wieviel Windungen muß diese Spule bei einer Induktivität von $L = 80$ µH erhalten?

Mit Formel (3) berechnet man

$$w = \sqrt{\frac{80}{39 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{80 \cdot 10^3}{39}} = \sqrt{2050} \approx 45 \text{ Wdg}\,.$$

Will man einen HF-Eisenkern für den Bau einer Spule verwenden, von dem weder der Kernfaktor $K_1$ bzw. $K_2$ noch die Induktivitätskonstante $A_L$ bekannt ist, so kann man diese Werte wie folgt feststellen.

Man wickelt auf die Spule 100 Wdg. und mißt mit einem Induktivitätsmeßgerät ($L$-Messer) die Induktivität der HF-Spule.

Aus folgenden Formeln kann man dann die benötigten Werte errechnen:

$$K_1 = \frac{100}{\sqrt{L}},$$

$L$ in mH;

$$A_L \cdot 10^3 = \frac{L}{10},$$

$L$ in μH;

$$K_2 = \frac{100}{\sqrt{L}},$$

$L$ in μH.

Im Kurzwellen- und UKW-Bereich werden vorwiegend einlagige Zylinderspulen (Bild 5.8) auf keramischem Spulenträger benutzt.

Für die Berechnung derartiger Spulen kann man folgende Formel anwenden:

$$L = \frac{D^2 \cdot w^2}{100\,l + 45\,D}; \qquad (4)$$

$L$ – Induktivität in μH, $D$ – Spulendurchmesser in cm, $l$ – Wicklungslänge in cm, $w$ – Anzahl der Windungen.

*Beispiel*

Welche Induktivität hat eine Spule mit 40 Wdg., wenn Spulendurchmesser 35 mm und Spulenlänge 40 mm betragen?

Mit Formel (4) erhält man

$$L = \frac{3{,}5^2 \cdot 40^2}{100 \cdot 4 + 45 \cdot 3{,}5} = \frac{12{,}25 \cdot 1600}{400 + 157{,}5} = \frac{19\,600}{557{,}5} = 35{,}2\,\mu\mathrm{H}.$$

Die meisten HF-Eisenkernspulen haben einen Spulenkörper aus Kunststoff, der in einzelne Kammern unterteilt ist. Das Aufbringen der Drahtwindungen bereitet dann keine Schwierigkeiten. Der Wicklungsanfang wird durch die darüber liegenden Windungen festgehalten, so daß sich oft ein besonderes Abbinden erübrigt. Anders ist es beim Wicklungsende. Dieses muß mit Nähseide, gummiertem Faden (Klebfaden), Leukoplast oder Klebstoff festgelegt werden. Bei einlagigen Zylinderspulen führt man am einfachsten Wicklungsanfang und -ende durch 2 Bohrungen des Spulenkörpers in den Spuleninnenraum. Ist das nicht möglich, so werden beide Enden durch Bandschlaufen festgelegt (Bild 5.9). Zu diesem Zweck schneidet man aus dünner Kunstfolie oder Leinwand 2 schmale Streifen von etwa 5 mm × 50 mm. Für den Wicklungsanfang wird einer der Streifen in der Mitte gefaltet und dann der Spulendraht durchgeführt. Die ersten 6 bis 8 Windungen sind nun fest über diesen Streifen zu legen, dann läßt man den Streifenrest nach außen stehen und wickelt auf dem Spulenkörper weiter. Beim Wicklungsende verfährt man umgekehrt: Ein Stück des Streifenendes läßt man nach außen stehen, während die letzten 6 bis 8 Windungen fest über den Streifen gewickelt werden. Das Spulenende wird dann durch die Band-

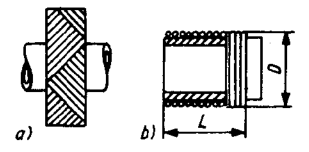
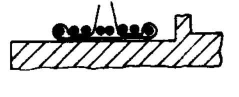



Bild 5.8
Wicklungsausführung von HF-Spulen; (a) Kreuzwickelspule, (b) einlagige Zylinderspule



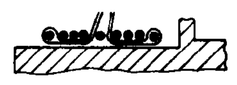
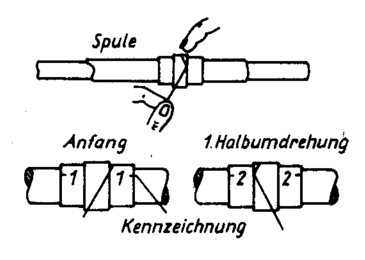


Bild 5.9
Festlegen der Wicklungsenden von einlagigen Zylinderspulen; (a) bei kurzen Spulenlängen, (b) bei weiten Spulenlängen



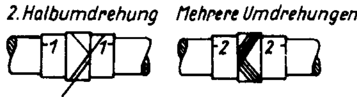




Bild 5.10
Wickelschema der Kreuzwickelspule

schlaufe geführt. Zum Schluß müssen die nach außen stehenden Streifenenden fest angezogen und die Wicklungsenden dadurch festgelegt werden. Ist die Spule fertig und entspricht sie den gewünschten Werten, so kann man sie noch mit *Duosan* bestreichen, damit ihre Windungen starr festliegen.
Eine besondere Form der HF-Spule ist die Kreuzwickelspule (Bild 5.10). Sie wird auf besonderen Spulenwickelmaschinen (Bild 5.11) gewickelt. Im UKW-Bereich verwendet man vorteilhaft Luftspulen, die man leicht selbst herstellen kann (Bild 5.12).

Bild 5.13

1 - Spulenkörper zur Erläuterung der Maßangaben für 2 bis 11

2 - Spulenkörper Bauform A 1 und A 2. Einsatz: HF-Schwingkreise mit Kammerwicklung. Abmessungen: h 1 = 29,5 mm, h 2 = 13,5 mm, d 1 = 6,0 mm, d 2 = 8,0 mm

3 - Spulenkörper Bauform b. Einsatz: Spulen mit geringer Induktivität. Abmessungen: h 1 = 28,0 mm, h 2 = 21,0 mm, d 1 = 3,5 mm, d 2 = 6,0 mm

4 - Spulenkörper Bauform F 1. Einsatz: Spulen für Kreise im LMK-Wellenbereich. Abmessungen: h 1 = 27,8 mm, h 2 = 13,5 mm, d 1 = 4,2 mm, d 2 = 5,5 mm

5 - Spulenkörper Bauform F 2. Einsatz: Spulen für Kreise im LMK-Wellenbereich. Abmessungen: h 1 = 26,0 mm, h 2 = 11,8 mm, d 1 = 3,5 mm, d 2 = 4,6 mm

6 - Spulenkörper Bauform I. Einsatz: Bandfilter nach *TGL 200-7044*. Abmessungen: h 1 = 25,0 mm, h 2 = 7,5 mm, d 1 = 3,0 mm, d 2 = 4,0 mm

7 - Spulenkörper Bauform K 1 und K 2. Einsatz: HF-Schwingkreise mit Lagenwicklung. Abmessungen: h 1 = 21,0 mm, h 2 = 10,0 mm, d 1 = 4,2 mm, d 2 = 5,5 mm

8 - Spulenkörper Bauform L. Einsatz: Spulen für Kreise im LMK-Wellenbereich. Abmessungen: h 1 = 16,0 mm, h 2 = 5,4 mm, d 1 = 3,5 mm, d 2 = 4,5 mm

9 - Spulenkörper Bauform M 1 und M 2. Einsatz: HF-Schwingkreise mit Kammerwicklung. Abmessungen: h 1 = 21,0 mm, h 2 = 10,0 mm, d 1 = 4,2 mm, d 2 = 5,5 mm

10 - Spulenkörper Bauform T 1. Einsatz: Spulen für Kreise im UKW-Bereich. Abmessungen: h 1 = 15,0 mm, h 2 = 12,0 mm, d 1 = 4,0 mm, d 2 = 5,0 mm

11 - Spulenkörper Bauform S 1. Einsatz: Bandfilter nach *TGL 200-7044* und HF-Kreise im LMK-Wellenbereich. Abmessungen: h 1 = 26,0 mm, h 2 = 12,0 mm, d 1 = 3,0 mm, d 2 = 4,0 mm

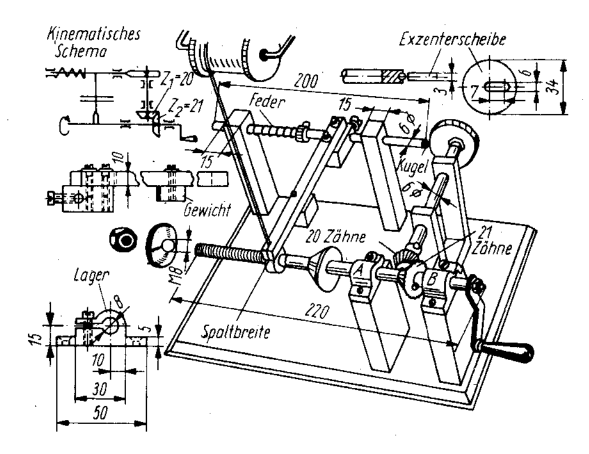
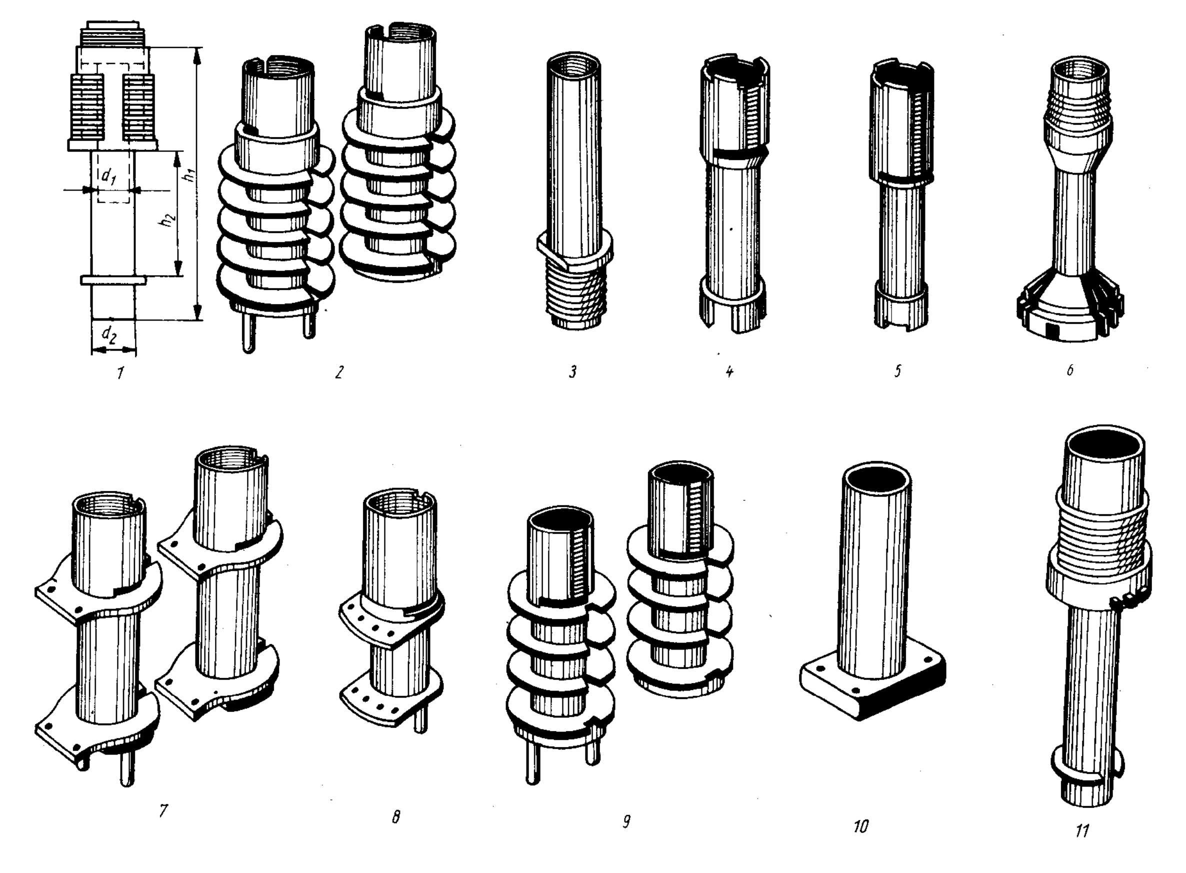





Bild 5.12
Freitragende Luftspulen für den KW- und UKW-Bereich werden über einen passenden Rundstab gewickelt, z. B. über einen Bleistift

Bild 5.11
Einfache Kreuzwickelmaschine für den Selbstbau



d1
d2
h1
h2
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

Bild 5.13 zeigt moderne Spulenkörper aus Polystyrol, die bis in den VHF-Bereich einsetzbar sind. Dieses Sortiment wird in den *RFT-Amateurbedarfsfilialen* gehandelt. Die Abgleichkerne bestehen meist aus einem zylindrischen Ferritkern mit angespritztem Gewindeansatz. In Bild 5.13 sind zu den einzelnen Bauformen kennzeichnende Angaben in der Bildunterschrift enthalten.

## 5.3. Siebdrosseln

Eisendrosseln mit Luftspalt werden als Siebdrosseln in der Gleichrichterschaltung des Netzteiles verwendet. Ihre hauptsächlichen Kenndaten sind vor allem die Größe der Induktivität $L$, die maximale Strombelastung $I$ und der Gleichstromwiderstand $R$. Die Größe der Induktivität $L$ hängt vor allem von der Windungszahl $w$, dem Eisenkernquerschnitt $Q_{Fe}$ und der Luftspaltgröße $\delta$ ab. Die Strombelastung $I$ wird durch die Stärke $d$ des verwendeten Kupferdrahtes bestimmt, während für den Gleichstromwiderstand $R$ der Durchmesser $d$ und die Drahtlänge $l$ maßgebend sind.

Die genaue Berechnung einer Siebdrossel stößt auf einige Schwierigkeiten, so daß man auch in der Praxis mit Faustformeln rechnet und dann durch Messung der einzelnen Größen die endgültigen Werte festlegt. Wenn die geforderte Induktivität $L$, die Luftspaltlänge $\delta$ und die Strombelastung $I$ gegeben sind, kann zur Überschlagsrechnung folgender Weg benutzt werden. Man geht davon aus, daß im Luftspalt eine Induktion von ungefähr $B_L = 7000$ Gauß ($1\,G = 10^{-4}\,Vs/m^2$) herrschen soll. Dann ergibt sich die Windungszahl:

$$w = \frac{0{,}8 \cdot \delta \cdot B_L}{I};$$

$\delta$ in cm, $B_L$ in Gauß, $I$ in A.

Den Kernquerschnitt $Q_{Fe}$ des Eisenkerns erhält man dann zu

$$Q_{Fe} = \frac{1{,}1 \cdot L \cdot \delta \cdot 10^8}{\pi \cdot 0{,}4 \cdot w^2};$$

$Q_{Fe}$ in cm², $L$ in H, $\delta$ in cm.

Der Durchmesser des zu benutzenden Kupferdrahtes wird errechnet für eine Stromdichte $I = 2{,}55\,A/mm^2$

$$d = 0{,}7\sqrt{I};$$

$d$ in mm, $I$ in A.

*Beispiel*

Eine Siebdrossel soll eine Induktivität von $L = 40$ H haben bei einer Stromstärke von $I = 50$ mA. Die Luftspaltlänge wird mit $\delta = 0{,}5$ mm gewählt.

Windungszahl:

$$w = \frac{0{,}8 \cdot 0{,}05 \cdot 7000}{0{,}05} = 0{,}8 \cdot 7000 = 5600\ \text{Wdg.};$$

Eisenquerschnitt:

$$Q_{Fe} = \frac{1{,}1 \cdot 40 \cdot 0{,}05 \cdot 10^8}{0{,}4 \cdot \pi \cdot 56^2 \cdot 10^4} = \frac{110 \cdot 40 \cdot 5}{1{,}26 \cdot 3136} = \frac{22000}{3950} \approx 5{,}6\ \text{cm}^2;$$

Drahtdurchmesser:

$$d = 0{,}7\sqrt{0{,}05} = 0{,}7 \cdot 0{,}224 \approx 0{,}16\ \text{mm}.$$

Der Kernquerschnitt entspricht ungefähr einem Blechpaket *M 65/27* oder *E/I 66/22.* Da es in der Bastelpraxis nicht so sehr auf die genaue Einhaltung der Werte der Siebdrossel ankommt, verwendet man die in den Fachgeschäften angebotenen Siebdrosseln, z. B. die der *Fa. G. Neumann*, Creuzburg.

Tabelle Einige der wichtigsten Ausführungen von Siebdrosseln

| Typ | Gleichstrom mA | Widerstand Ω | Induktivität H |
|---|---|---|---|
| D 55/60 | 60 | 500 | 15 |
| D 65/100 | 100 | 250 | 12 |
| D 65/140 | 140 | 200 | 10 |
| D 85/100 | 100 | 450 | 50 |
| D 85/140 | 140 | 280 | 25 |

## 5.4. Transformatoren und Übertrager

Netztransformatoren sind ebenfalls in zahlreichen Ausführungsformen im Handel erhältlich. Will man einen Netztransformator selbst berechnen, so nimmt man als Grundlage die Summe der von den Sekundärwicklungen abzugebenden Leistungen plus einen Zuschlag, der den Wirkungsgrad berücksichtigt.

$$P_p \approx 1{,}18 \cdot P_s ; \tag{1}$$

$P_p$ = Primärleistung in VA, $P_s$ = Summe der Sekundärleistungen in VA.

Die Summe der Sekundärleistungen ergibt sich aus der Addition der einzelnen Produkte Spannung mal Strom in VA. Mit der errechneten Primärleistung erhält man dann den benötigten Eisenquerschnitt (Bild 5.14) zu

$$Q_{Fe} = \sqrt{P_p} ; \tag{2}$$

$Q_{Fe}$ in cm².

Für die Primärwicklung mit einer Spannung $U$ ergibt sich die Windungszahl zu

$$w_p = 38 \cdot \frac{U}{Q_{Fe}} \tag{3}$$

und für die Sekundärwicklung mit einer Spannung $U$ die Windungszahl zu

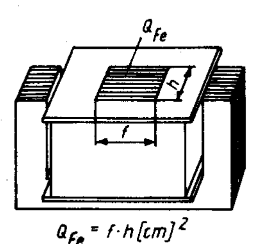



Bild 5.14
Angaben zur Bestimmung des Kernquerschnittes von Transformatorkernen

$$w_s = 42 \cdot \frac{U}{Q_{Fe}} . \tag{4}$$

Für eine Stromdichte von $I = 2{,}55$ A/mm² ergibt sich die Drahtstärke wieder zu

$$d \approx 0{,}7 \sqrt{I} . \tag{5}$$

$d$ in mm.

Bei der Berechnung des Eisenquerschnittes ist zu beachten, daß der errechnete Wert stets auf den nächsthöheren genormten Wert eines Blechpaketes aufzurunden ist.

*Beispiel*

Für einen Empfänger wird ein Netztransformator benötigt, der eine Zweiweg-Anodenwicklung von 250 V/75 mA, eine Heizwicklung von 6,3 V/0,6 A und eine Heizwicklung von 6,3 V/2,5 A hat.

Summe der Sekundärleistungen:

a) 250 V · 0,075 A 18,8 VA
b) 6,3 V · 0,6 A 3,8 VA
c) 6,3 V · 2,5 A 15,7 VA

$\Sigma P_s \approx$ 38,3 VA

Die Primärleistung beträgt nach Formel (1):

$$P_p = 1{,}18 \cdot 38{,}3 \approx 45{,}2 \text{ VA};$$

Eisenquerschnitt nach Formel (2):

$$Q_{Fe} \approx \sqrt{45{,}2} \approx 6{,}73 \text{ cm}^2 ;$$

gewählter Eisenkern *M 74/32* mit $Q_{Fe}$ = 7,4 cm²;

Windungszahlen nach Formel (3) und (4):

$$w_p = 38 \cdot \frac{220}{7,4} \approx 1130 \text{ Wdg.}$$

$$w_s = 42 \cdot \frac{250}{7,4} \approx 1420 \text{ Wdg.}$$

$$w_s \doteq 42 \cdot \frac{6,3}{7,4} \approx 36 \text{ Wdg.}$$

Primärstromstärke:

$$I_p = \frac{P_p}{220} = \frac{45,2}{220} \approx 0,206 \text{ A};$$

Drahtstärken:

$$d \approx 0,7 \sqrt{0,206} \approx 0,7 \cdot 0,454 \approx 0,32 \text{ mm}$$

$$d \approx 0,7 \sqrt{0,075} \approx 0,7 \cdot 0,273 \approx 0,20 \text{ mm}$$

$$d \approx 0,7 \sqrt{0,6} \approx 0,7 \cdot 0,775 \approx 0,55 \text{ mm}$$

$$d \approx 0,7 \sqrt{2,5} \approx 0,7 \cdot 1,58 \approx 1,10 \text{ mm}$$

Zusammenstellung:

| | $w_p$ | $w_{s1}$ | $w_{s2}$ | $w_{s3}$ |
|---|---|---|---|---|
| Windungen | 1130 | 2 · 1420 | 36 | 36 Wdg. |
| Drahtstärke | 0,32 | 0,20 | 0,55 | 1,10 mm |

Im Niederfrequenzbereich bezeichnet man den Transformator allgemein als Übertrager und verwendet ihn zur Widerstandsanpassung. Der an der Sekundärseite angeschlossene Widerstand wird dabei mit dem Quadrat des Übersetzungsverhältnisses auf die Primärseite transformiert.

$$R_{prim} = ü^2 \cdot R_{sek}; \quad (6)$$

$R_{prim}$ – primärseitiger Widerstand in Ω, $R_{sek}$ – sekundärseitiger Widerstand in Ω, *ü* – Verhältnis der primären zur sekundären Windungszahl.

Den Frequenzbereich des Übertragers bestimmt die Größe der Primärinduktivität und die auftretende Streuung. Da man bei Niederfrequenzübertragern mit wesentlich geringeren Felddichten arbeitet, wird der notwendige Eisenquerschnitt für eine entsprechend zu übertragende Leistung größer als bei Netztransformatoren bemessen. Von den zahlreich dafür angegebenen Formeln soll die nachstehend genannte verwendet werden.

Eisenquerschnitt:

$$Q_{Fe} = 20 \sqrt{\frac{P}{f_u}}; \quad (7)$$

$Q_{Fe}$ in cm².

Mit $P$ in Watt bezeichnet man die zu übertragende Eingangsleistung, mit $f_u$ in Hz die noch zu übertragende untere Grenzfrequenz.

Ausgangsübertrager dienen zur Anpassung der niederohmigen Lautsprecherspule an den Ausgangswiderstand der Endröhre. Da bei der Eintaktschaltung der Anodengleichstrom durch die Primärspule des Ausgangsübertragers fließt, muß zur Vermeidung einer Gleichstromvormagnetisierung ein Luftspalt vorgesehen werden. Meist verwendet man den in der Normung von Transformatorblechen angegebenen Luftspalt von 0,3 mm bis 2 mm. Üblich sind Werte von 0,5 mm oder 1 mm. Die notwendige Luftspaltlänge für einen Eisenquerschnitt wird nach folgender Formel berechnet:

$$\delta = 0,4 \sqrt{Q_{Fe}}; \quad (8)$$

δ in mm, $Q_{Fe}$ in cm².

Soll bei der unteren Grenzfrequenz $f_u$ der Abfall gering sein, wird die Primärinduktivität $L$ wie folgt bemessen:

$$L = \frac{207 \cdot R_a}{f_u}; \quad (9)$$

$L$ in H, $R_a$ in kΩ, $f_u$ in Hz.

Für den gewählten Eisenquerschnitt $Q_{Fe}$ ergibt sich für die Primärinduktivität $L$ eine Windungszahl von

$$w_1 = 1000 \sqrt{\frac{10 \cdot L \cdot \delta}{Q_{Fe}}}; \quad (10)$$

$L$ in H, $\delta$ in mm, $Q_{Fe}$ in cm².

Die Wurzel aus dem Verhältnis des Ausgangswiderstandes $R_a$ der Endröhre zu dem Schwingspulenwiderstand $R_L$ des Lautsprechers gibt das Übersetzungsverhältnis an:

$$ü = \sqrt{\frac{R_a}{R_L}}. \quad (11)$$

Da das Übersetzungsverhältnis $ü$ gleichzeitig dem Verhältnis der Windungszahlen entspricht,

$$ü = \frac{w_1}{w_2}, \quad (12)$$

erhält man die sekundäre Windungszahl $w_2$ zu

$$w_2 = w_1 \sqrt{\frac{R_L}{R_a}}. \quad (13)$$

Bei der Berechnung der Drahtstärke der Primärwicklung ist darauf zu achten, daß durch die Primärwicklung neben dem Anodengleichstrom $i_a$ ein Anodenwechselstrom $I_a$ fließt. Bei voller Aussteuerung erhält man den Anodenwechselstrom $I_a$ zu

$$I_a = \sqrt{\frac{10^3 \cdot P}{R_a}}; \quad (14)$$

$I_a$ in mA, $P$ in W, $R_a$ in kΩ.

Die Drahtstärke ist also bei der Primärwicklung für die Stromstärke

$$I_{ges} = \sqrt{i_a^2 + I_a^2} \quad (15)$$

zu bemessen. Die Drahtstärke erhält man dann nach Formel (5). In der Sekundärwicklung fließt lediglich ein Wechselstrom, den man mit nachstehender Formel (16) errechnet:

$$I_L = \sqrt{\frac{P}{R_L}}; \quad (16)$$

$I_L$ in A, $P$ in W, $R_L$ in Ω.

*Beispiel*

Eine Endpentode *EL 84* arbeitet in Eintakt-A-Betrieb. Dabei treten folgende Betriebswerte auf: $I_a = 48$ mA, $P = 5{,}3$ W und $R_a = 5{,}5$ kΩ. Der zu verwendende Lautsprecher *L 2053 PBK* (*Funkwerk* Leipzig) hat einen Schwingspulenwiderstand von $R_L = 6\,\Omega$ und einen Frequenzbereich von 60 Hz bis 15 kHz. Die untere Grenzfrequenz wird daher mit $f_u = 50$ Hz gewählt. Welche Werte muß der zur Anpassung notwendige Ausgangsübertrager haben?

Eisenquerschnitt:

$$Q_{Fe} = 20 \sqrt{\frac{5{,}3}{50}} = 20 \sqrt{0{,}106}$$
$$= 20 \cdot 0{,}326 = 6{,}52 \text{ cm}^2.$$

Der nächste, genormte Eisenkernquerschnitt der *E/I*-Reihe ist *E/I 78* mit $Q_{Fe} = 6{,}8$ cm².

Luftspaltlänge:

$$\delta = 0{,}4 \sqrt{6{,}8} = 0{,}4 \cdot 2{,}61 \approx 1 \text{ mm}.$$

Da beim *E/I*-Kern der Luftspalt im Eisenweg zweimal auftritt, wird nur eine Isolierstoffzwischenlage von 0,5 mm Stärke eingelegt.

Primärinduktivität:

$$L = \frac{207 \cdot 5{,}5}{50} = 207 \cdot 0{,}11 \approx 22{,}8 \text{ H};$$

Primärwindungszahl:

$$w_1 = 1000 \sqrt{\frac{10 \cdot 22{,}8 \cdot 1}{6{,}8}} = 1000 \sqrt{33{,}5}$$
$$= 1000 \cdot 5{,}8 = 5800 \text{ Wdg.};$$

Übersetzungsverhältnis:

$$ü = \sqrt{\frac{5500}{6}} = \sqrt{916} \approx 30{,}3;$$

Sekundärwindungszahl:

$$w_2 = \frac{w_1}{ü} = \frac{5800}{30{,}3} = 192 \text{ Wdg.};$$

Anodenwechselstrom:

$$I_a = \sqrt{\frac{5300}{5,5}} = \sqrt{964} \approx 31 \text{ mA};$$

primärer Gesamtstrom:

$$I_{ges} = \sqrt{48^2 + 31^2} = 57 \text{ mA};$$

primäre Drahtstärke:

$$d_1 = 0,7\sqrt{0,06} = 0,7 \cdot 0,245 \approx 0,17 \text{ mm};$$

sekundärer Wechselstrom:

$$I_L = \sqrt{\frac{5,3}{6}} = \sqrt{0,88} \approx 0,94 \text{ A};$$

sekundäre Drahtstärke:

$$d_2 = 0,7\sqrt{0,94} = 0,7 \cdot 0,97 \approx 0,70 \text{ mm};$$

Zusammenstellung:

| | |
|---|---|
| Kern: | *E/I 78* mit 2×0,5-mm-Luftspalt |
| primär: | 5800 Wdg. – 0,17-mm-CuL |
| sekundär: | 192 Wdg. – 0,7-mm-CuL |

Der Eisenkern eines Transformators besteht aus einzelnen Blechen in den Stärken von 0,35 oder 0,5 mm. Als Transformatorblech wird meist Dynamoblech III oder IV verwendet, für Spezialzwecke dagegen dünneres Blech mit bedeutend größerer Permeabilität (z. B. Mü-Metall). Die Transformatorbleche sind einseitig lackiert oder mit einer Seidenpapierschicht bedeckt.

Transformatorbleche weisen verschiedene Formen auf. Am bekanntesten sind der *M*-Schnitt und der *E/I*-Schnitt (Bild 5.15). Der *M*-Schnitt besteht nur aus einem Teil. Der mittlere Schenkel ist an einem Ende abgetrennt, damit das Blech auf den Spulenkörper geschoben werden kann. Der *E/I*-Kern ist wesentlich wirtschaftlicher, sowohl in der Herstellung als auch in der Verarbeitung. Er besteht aus dem dreischenkligen *E*-Schnitt und dem Joch als *I*-Schnitt. Die Herstellung erfolgt durch ein abfalloses Stanzen, indem durch 2 aneinandergestellte »E« aus den Fensterflächen 2 »I«, die be-

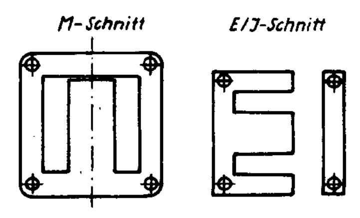
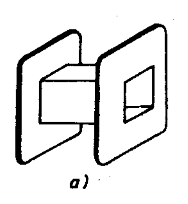



Bild 5.15
Schnittformen von Transformatorblechen für Transformatoren, Übertrager und Eisendrosseln

nötigten Joche, entstehen. Das Stopfen des *E/I*-Kernes ist ebenfalls einfach. Soll sich kein Luftspalt bilden, so wird wechselseitig geschichtet. Durch eine Isolierstoff-Zwischenlage zwischen *E*-Kern und Joch kann jeder beliebige Luftspalt eingestellt werden. Allerdings ist beim *E/I*-Schnitt zu beachten, daß er 2 Luftspalte hat. Für einen errechneten Luftspalt darf daher nur eine Isolierstoff-Zwischenlage von der halben Luftspaltlänge verwendet werden. Die Wicklungen eines Transformators werden auf einen Spulenkörper aus Preßpappe oder Pertinax aufgebracht (Bild 5.16). Dabei benützt man eine einfache, durch Handkurbel oder Handbohrmaschine angetriebene Wikkelvorrichtung (Bild 5.17). Die Wicklung wird lagenweise aufgebracht. Je nach dem zu erwartenden Spannungspotential ordnet man nach jeder einzelnen, nach jeder 2. oder nach mehreren Lagen Papier- oder Ölleinen-Isolationen an. Werden dünne Drahtstärken verarbeitet, bei denen die Gefahr des Abreißens der Wicklungsenden besteht, so erfolgt ein Anlöten stärkeren Kupferlackdrahtes oder umsponnener Kupferlitze, die man dann als Wicklungsende herausführt (Bild 5.18). Der Spulenkörper ist etwas kleiner als die vorhandenen Fenstermaße auszuführen, weil dadurch ein leichteres Stopfen des Eisenkernes möglich wird.

Ist die Primärwicklung auf den Spulenkörper aufgebracht, dann folgen die Sekundär-



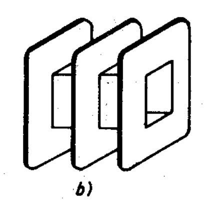




Bild 5.16
Spulenkörper für Transformatorkerne; (a) normaler Spulenkörper, (b) geschachtelter Spulenkörper für kapazitätsarme Wicklungen

Bild 5.19
Stopfen eines Spulenkörpers mit Transformatorblechen. Ohne Luftspalt wird wechselseitig, mit Luftspalt einseitig gestopft

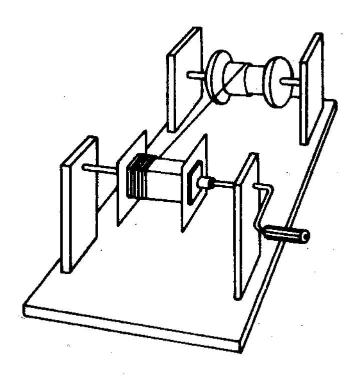


Bild 5.17
Einfache Spulenwickelmaschine für Transformatorwicklungen

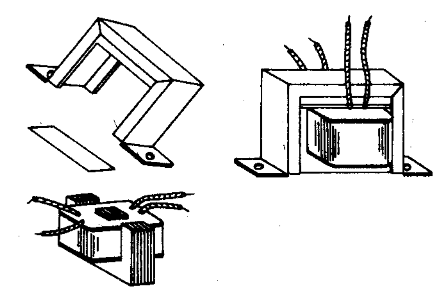


Bild 5.20
Aufbau eines Transformators mit *E*/*I*-Kern

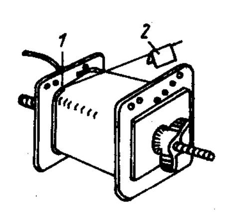



Bild 5.18
Dünnere Drähte werden durch Anlöten einer stärkeren Litze (1) herausgeführt. Die Lötstelle wird mit einem Isolierstreifen (2) abgedeckt

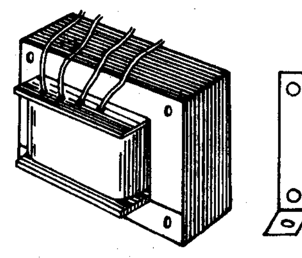


Bild 5.21
Befestigung eines Transformatorkernes mit 4 Eisenblechwinkeln

wicklungen, wobei die Heizwicklungen außen angeordnet werden. Bei Ausgangsübertragern unterteilt man die einzelnen Wicklungen und wickelt sie abwechselnd. Dadurch wird die Streuung herabgesetzt, was sich in einer Erweiterung des Frequenzbereiches nach höheren Frequenzen bemerkbar macht. Sobald ein Gleichstrom durch eine Übertragerwicklung fließt, muß zum Vermeiden einer Gleichstromvormagnetisierung, die die Übertragungseigenschaften herabsetzt, ein Luftspalt vorgesehen werden. Bei Ausgangsübertragern für Gegentaktschaltungen ist das nicht erforderlich, da sich die magnetischen Erregungen durch die beiden Anodenströme gegenseitig aufheben. (Achtung aber bei Übertragern, die zur Modulation verwendet werden; denn hier fließt z. B. der Anodenstrom der PA-Röhre durch die Sekundärwicklung.)
Ist der Eisenkern des Transformators fertig gestopft (Bild 5.19), so wird mit den Befestigungswinkeln und mit 2 bzw. 4 durch Bohrungen des Eisenkernes führende Schrauben der Eisenkern fest zusammengefügt (Bild 5.20 und 5.21).

# 6. Kleiner Katalog funktechnischer Bauelemente

Für den Aufbau funktechnischer Geräte werden eine ganze Vielzahl spezieller Bauelemente benötigt. So vor allem Widerstände, Kondensatoren, Spulen, Elektronenröhren, Transformatoren u. a. Da eine ausführliche Beschreibung aller funktechnischen Bauelemente den Rahmen dieses Buches überschreiten würde, sollen anschließend nur die wichtigsten behandelt werden.

## 6.1. Widerstände

Ebenso wie der Kondensator hat der Widerstand in der Funktechnik weitgehend Anwendung als Bauelement gefunden. Im elektrotechnischen Sinn wird das Wort Widerstand in zweierlei Hinsicht angewendet. Einmal versteht man unter einem Widerstand in der Elektrotechnik das Verhältnis der elektrischen Spannung zum elektrischen Strom, zum anderen bezeichnet man mit diesem Wort ein Bauelement mit bestimmten Widerstandseigenschaften. Die Grundeinheit des Widerstandes ist das Ohm ($\Omega$). Vielfache der Einheit Ohm werden wie folgt bezeichnet:

1 Kiloohm $= 1\,\mathrm{k\Omega} = 10^3\,\Omega$,
1 Megaohm $= 1\,\mathrm{M\Omega} = 10^6\,\Omega$,
1 Gigaohm $= 1\,\mathrm{G\Omega} = 10^9\,\Omega$,
1 Teraohm $= 1\,\mathrm{T\Omega} = 10^{12}\,\Omega$.

Bei den Widerständen gibt es verschiedene Bauformen: Drahtwiderstand, Schichtwiderstand und Massewiderstand (Bild 6.1). Eine Tabelle im Anhang erklärt die Farbkennzeichnung für Kleinstwiderstände. Drahtwiderstände werden vor allem bei höheren Belastungen eingesetzt. Ein drahtförmiger Leiter mit hohem spezifischem Widerstand bildet ihren Widerstandswert, der Widerstandsdraht (Nickelin, Konstantan usw.) ist dabei um ein Porzellanrohr gewickelt. Die Widerstandsdrahtenden sind an je einer der beiden Metallschellen angelötet, die an den Enden des Porzellanrohres sitzen. Drahtwiderstände werden hergestellt bis ungefähr 50 kΩ bei einer Belastung bis etwa 50 W. Zur Aufteilung des Widerstandswertes haben Drahtwiderstände oft auch Abgriffschellen.

Schichtwiderstände bestehen aus einem stabförmigen Keramikkörper, auf den eine kristalline Glanzkohleschicht aufgebrannt wird. Den gewünschten Widerstandswert erhält man durch das Einschleifen einer entsprechend breiten Wendel. Es entsteht dann ein bandförmiger Kohleschichtstreifen. Schichtwiderstände werden hergestellt bis ungefähr 10 MΩ bei Belastungen bis etwa 6 W.

Massewiderstände bestehen aus einem Gemisch von leitendem Material und isolierenden Werkstoffen. Man fertigt sie meist in Stabform mit rundem Querschnitt. Genau wie bei den Schichtwiderständen befinden sich an den Enden aufgepreßte Metallkappen mit den Anschlußdrähten. In der Funktechnik werden diese Widerstände als Ar-

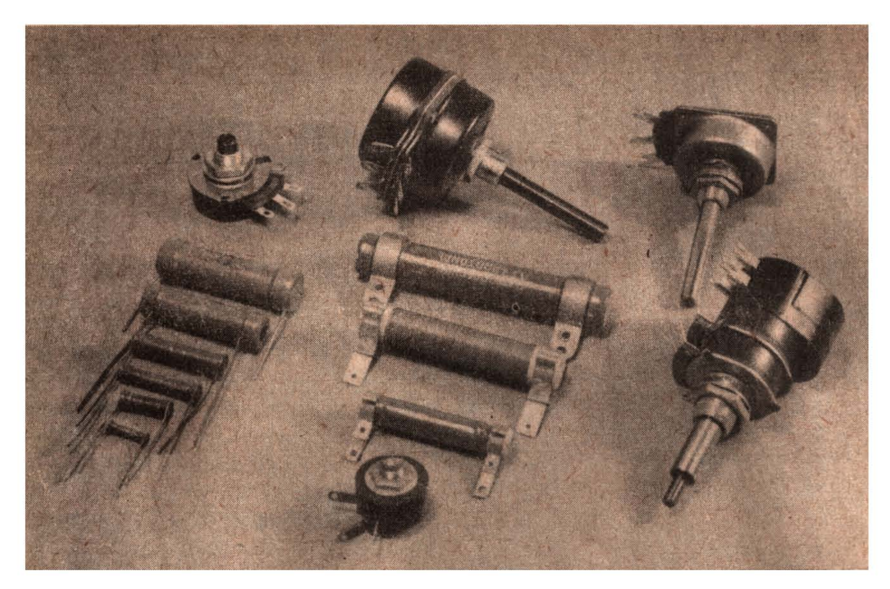


Bild 6.1
Verschiedene Ausführungsformen von Widerständen; Schichtwiderstände $^{1}/_{10}$ W bis 4 W (links) und Drahtwiderstände für höhere Belastungen (Mitte). Verschiedene Schichtpotentiometer (oben), ein Doppelpotentiometer mit angebautem Schalter (rechts unten), ein Entbrummregler (Mitte unten)

beits-, Vor-, Dämpfungs- oder Siebwiderstände verwendet.

Für bestimmte Aufgaben benötigt man regelbare Widerstände, für Lautstärkeregelung, Tonhöhenregelung usw. Solche regelbaren Widerstände werden auch als Potentiometer bezeichnet. Durch eine Drehbewegung ändert man den Widerstandswert kontinuierlich. Auf der Achse sitzt zu diesem Zweck isoliert ein Schleifer, der auf der Widerstandsschicht aufliegt. Ein normales Potentiometer hat 3 Anschlüsse: Anfang der Widerstandsschicht, Ende der Widerstandsschicht und Schleifer. Verläuft die Änderung des Widerstandswertes linear mit dem Drehwinkel, so spricht man von einem Potentiometer mit linearer Kennlinie. Nichtlineare Kennlinien bei Potentiometern weisen meist einen logarithmischen Verlauf auf. Vielfach ist das Potentiometer auch mit einem Schalter gekoppelt. Dabei unterscheidet man zwischen Schaltern, die durch eine Drehbewegung der Achse oder eine Zug-Druck-Bewegung ausgelöst werden. Für größere Belastungen gibt es Potentiometer mit einer Widerstandsdrahtwicklung.

Eine besondere Art des Massewiderstandes ist der Heißleiter. Er dient bei der Serienheizung der Röhren in Allstromgeräten zum Schutz der Röhrenheizfäden gegen Überbelastung beim Einschaltvorgang. Der Heißleiter hat im kalten Zustand einen höheren Widerstandswert als im heißen Zustand. Der Soll-Wert der Heizstromstärke wird erst nach einer bestimmten Anheizzeit erreicht.

## 6.2. Kondensatoren

Der Kondensator in seinen verschiedensten Ausführungsformen (Bild 6.2) ist das wichtigste Bauelement für die Funktechnik. Das Dielektrikum kann aus Glimmer, Keramik, Papier, Kunststoffolie oder Luft bestehen. Glimmerkondensatoren sind durch die heutigen modernen Kondensatoren fast völlig verdrängt. Bei den Papier- oder Kunstfolienkondensatoren ist die Kapazität in Form eines Kondensatorwickels dargestellt. Nach seiner Fertigstellung wird der Kondensatorwickel in einem entsprechenden Rohrstück aus Hartpapier, Keramik oder Aluminium untergebracht und luftdicht verschlossen. Nur die beiden Anschlußdrähte führen an den Rohrenden heraus.

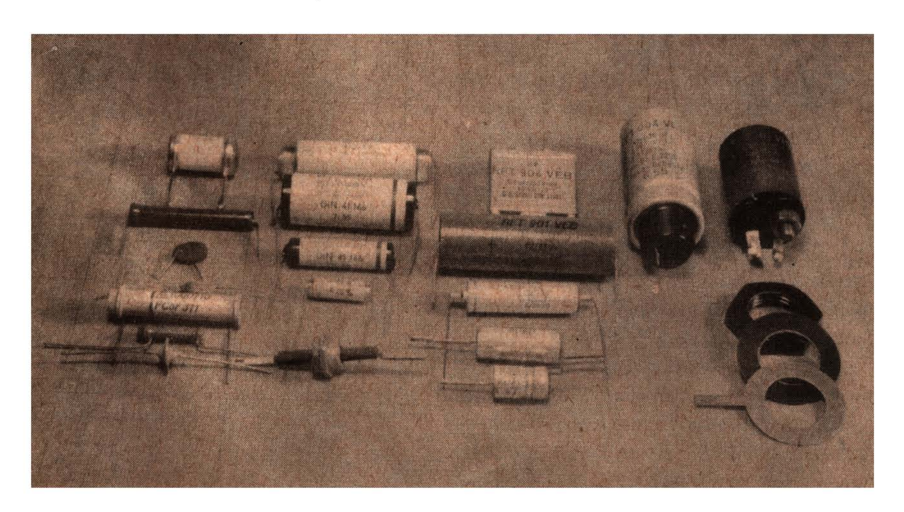
Die Grundeinheit der Kapazität ist das Farad (F). Da diese Einheit für den praktischen Gebrauch in der Funktechnik zu groß ist, benutzt man folgende Teilgrößen:

1 Mikrofarad = 1 $\mu$F = $10^{-6}$ F,
1 Nanofarad = 1 nF = $10^{-9}$ F,
1 Picofarad = 1 pF = $10^{-12}$ F.

Bei den Kunstfolienkondensatoren verwendet man als Dielektrikum Styroflexfolie. Während bei den Papier- und Kunstfolienkondensatoren der zusammengerollte Kondensatorwickel kennzeichnend ist, wird bei den keramischen Kondensatoren je ein Silberbelag innerhalb und außerhalb des Keramikrohres aufgebrannt. Die beiden Anschlußdrähte sind jeweils an den entsprechenden Kondensatorbelag angelötet.

Die keramischen Kondensatoren finden vor allem im HF-Gebiet Verwendung. Papier- und Kunstfolienkondensatoren können vielseitig in der praktischen Funktechnik eingesetzt werden. Im HF-Gebiet benutzt man bei nicht zu hohen Frequenzen auch den Kunstfolienkondensator. Eine besondere Abart des Papierkondensators stellt der Metallpapierkondensator dar. Der Metallpapierkondensator ist nicht nur im Volumen sehr gering, sondern hat vor allem auch den

Bild 6.2
Verschiedene Ausführungsformen von Kondensatoren und Elektrolytkondensatoren. Links keramische HF-Kondensatoren, daneben Kunstfolienkondensatoren (Styroflex), ganz unten ein keramischer Durchführungskondensator. Mitte rechts oben ein Metallpapier-Becherkondensator, darunter Niedervolt-Elektrolytkondensatoren. Rechts Hochvolt-Elektrolytkondensatoren als Alubecher mit Befestigungsmutter, Isolierscheibe und Masseanschluß sowie als Kunststoffbecher



Vorteil, daß er sich bei eventuell auftretenden Durchschlägen selbst regeneriert. Beim Metallpapierkondensator werden die Metallbeläge auf das dünne Kondensatorpapier aufgedampft. Damit ein Kondensator im Betrieb nicht durchschlägt, ist vor allem auf seine Spannungsfestigkeit zu achten. Man darf ihn keinesfalls an einer höheren als der dimensionierten Spannung betreiben. Die wichtigsten Spannungswerte der Kondensatoren sind: 125 V, 250 V, 500 V, 750 V und 1000 V. Die Gleichstromsiebung erfordert große Kapazitäten, die sich nur mit Kondensatorwickeln von größeren Ausmaßen herstellen lassen. Für dieses Anwendungsgebiet wurde deshalb der Elektrolytkondensator geschaffen. Im Unterschied zum normalen Kondensator, der 2 metallische Kondensatorbeläge hat, wird beim Elektrolytkondensator der negative Belag durch den Elektrolyten gebildet. Als Gegenbelag dient eine Aluminiumfolie, auf die man durch elektrolytische Einwirkung eine Aluminiumoxidschicht aufbringt (formiert). Diese Oxidschicht stellt das Dielektrikum dar. Durch eine künstliche Aufrauhung der Oberfläche des Aluminiums konnte bei gleichbleibender Kapazität das Volumen der Elektrolytkondensatoren wesentlich verkleinert werden. Elektrolytkondensatoren stellt man für Betriebsspannungen von 350 V, 450 V und 500 V als Lade- und Siebkondensatoren für Netzteile zur Glättung der Gleichspannung her. Für die Anwendung in der NF-Technik gibt es entsprechende Niedervolt-Elektrolytkondensatoren.

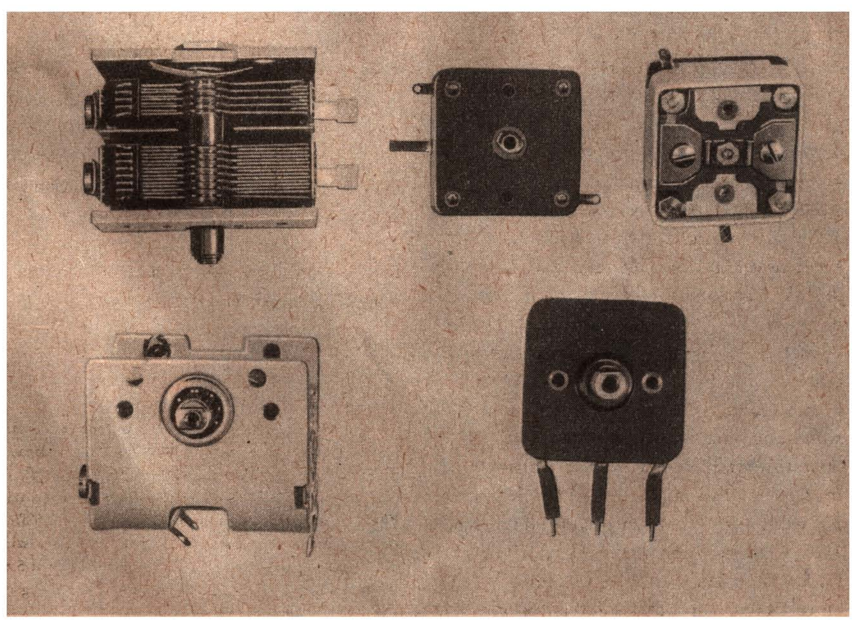
Für bestimmte Zwecke, z. B. für die Abstimmung von Schwingkreisen, sind Kondensatoren mit veränderlicher Kapazität erforderlich. Man unterscheidet bei derartigen Kondensatoren zwischen Trimmern und Drehkondensatoren (Bild 6.3a). Trimmer finden Verwendung, wenn beim Abgleich eines Gerätes ein Schwingkreis fest auf eine

Bild 6.3a
Verschiedene Ausführungsformen von Drehkondensatoren. Rechts oben ein kombinierter AM/FM-Drehkondensator. Mitte rechts ein Zweifach-UKW-Drehkondensator, Mitte links ein KW-Drehkondensator, links ein Zweifach-Drehkondensator in Kleinausführung. In der Mitte ein Hartpapier-Drehkondensator und unten verschiedene Trimmerkondensatoren

Frequenz abzustimmen ist. Muß dagegen die Frequenzabstimmung variabel sein, so benutzt man Drehkondensatoren (mit Luftdielektrikum oder mit Kunstfoliendielektrikum). Übliche Rundfunk-Drehkondensatoren mit einer Endkapazität von 500 pF werden in Eingang-, Zweigang- oder Dreigangausführung hergestellt. Mit wesentlich kleineren Kapazitäten dagegen fertigt man Drehkondensatoren für den KW- und UKW-Bereich. Drehkondensatoren mit Kunstfoliendielektrikum, allgemein als Hartpapier-Drehkondensatoren bezeichnet, werden dort verwendet, wo die Güte nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist, z. B. als Rückkopplungs-Drehkondensator.

Während bei Wechselstrom die Kapazität je nach Frequenz und Kapazitätsgröße einen bestimmten Blindwiderstandswert hat, ist bei Gleichstrom der Widerstand fast unendlich groß. Der Kondensator wird daher in der Schaltungstechnik als Rückkopplungs- und Gegenkopplungskondensator, als Schutz- und Trennkondensator, als Sieb- und Ableitkondensator eingesetzt.

Bild 6.3b
Verschiedene Ausführungsformen von Drehkondensatoren für Transistorschaltungen. Links der Drehkondensator des *T 100* mit der Vorkreiskapazität 10 bis 260 pF, der Oszillatorkapazität 8 bis 93 pF und der Trimmerkapazität 3 bis 10 pF. Rechts unten der Drehkondensator des *Sternchen* mit der Vorkreiskapazität 10 bis 200 pF, der Oszillatorkapazität 10 bis 90 pF und der Trimmerkapazität 5 bis 16 pF. Rechts oben die Drehkondensator-Ausführung der AM/FM-Reisesuper von *RFT*



## 6.3. HF-Spulen

Neben dem Kondensator ist die Induktivität einer Spule Bestandteil des *LC*-Schwingkreises. Für die verschiedenen Frequenzbereiche wurden zahlreiche Aufbauformen von Spulen entwickelt (Bild 6.4 und Bild 6.5). Bei Luftspulen läßt sich eine genügend große Induktivität nur mit sehr vielen Windungen erreichen. Damit steigen automatisch die Verluste durch den Widerstand des verwendeten Drahtes. Zur Erhöhung der Induktivität wird deshalb ein Eisenkern benutzt. Im Bereich der tiefen Frequenzen, also bei Niederfrequenz, finden Transformatorbleche Anwendung, bei Hochfrequenz dagegen sogenannte HF-Eisenkerne, um die Wirbelstromverluste möglichst gering zu halten. Die HF-Eisenkerne bestehen aus einem Gemisch von Pulvereisen und isolierenden Bindemitteln. Im KW- und UKW-Bereich können vorteilhaft auch Luftspulen aus versilbertem Kupferdraht eingesetzt werden. Die Grundeinheit der Induktivität ist das Henry (H). Da diese Einheit für den praktischen Gebrauch in der Funktechnik zu groß ist, verwendet man folgende Teilgrößen:

1 Millihenry $= 1\,\text{mH} = 10^{-3}\,\text{H}$
1 Mikrohenry $= 1\,\mu\text{H} = 10^{-6}\,\text{H}$

Zu den bekanntesten HF-Eisenkernspulen zählen die Haspelkernspule, die Garnrollenspule, die Topfkernspule, die Würfelspule, die H-Kernspule und andere mehr. Dazu kommen Zylinderwicklungen, Kreuzspulwicklungen und Kammer- bzw. Scheibenwicklungen auf Isolierstoffkörpern, die mit einem Schraubkern abgestimmt werden können. Als Spulendraht wird im MW- und LW-Bereich HF-Litze, z. B. $20 \times 0{,}07$ mm Durchmesser, verwendet, im KW- und UKW-Bereich versilberter Kupferdraht. Eine Tabelle in Abschnitt 5. gibt für die wichtigsten HF-Eisenkerne die Kernfaktoren an. Die Berechnung von HF-Spulen bringt ebenfalls Abschnitt 5.

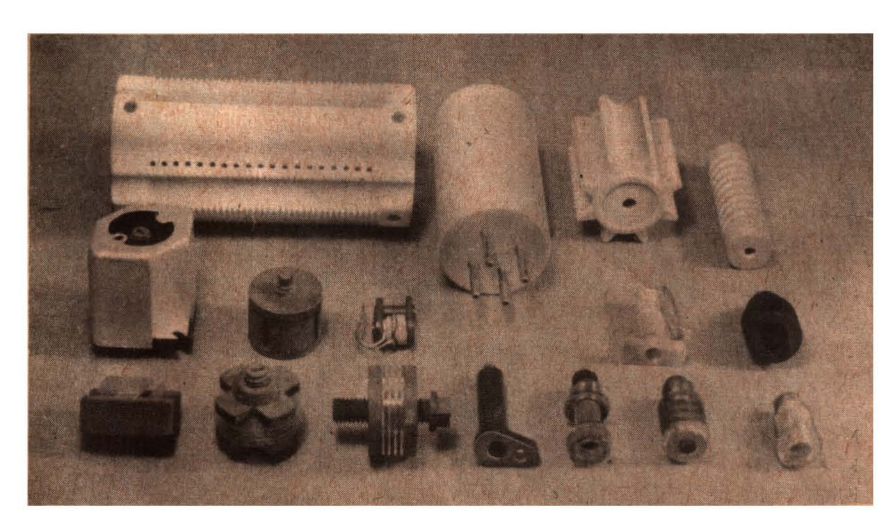


Bild 6.4
Keramische Spulenkörper und verschiedene HF-Eisenkernspulen. Links unten ein H-Kern, daneben Haspelkern, Rollenkern und Stiefelkern. Links Mitte eine abgeschirmte Topfkernspule, daneben Topfkern. Oben Mitte ein keramischer Spulenkörper mit RE-Sockel für KW-Spulen

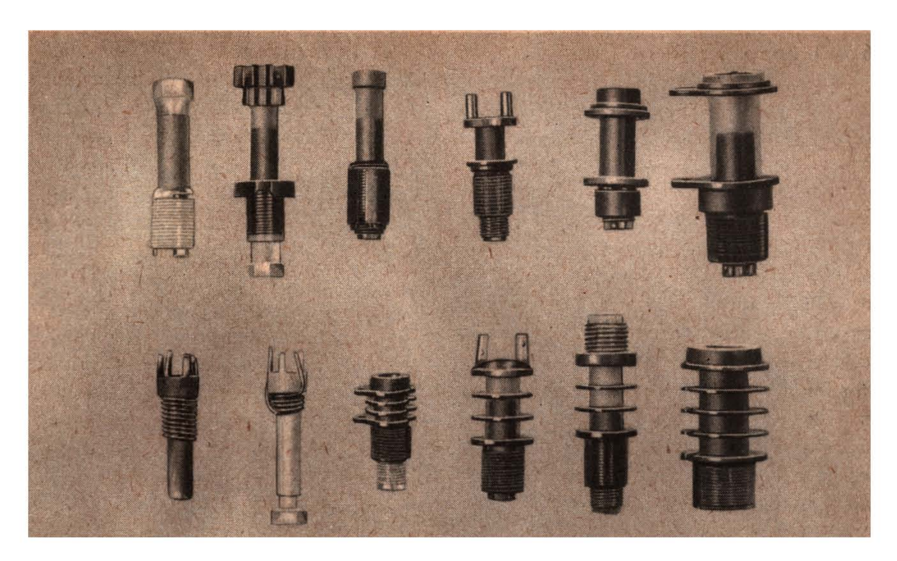


Bild 6.5
Verschiedene Ausführungsformen moderner Spulenkörper mit HF-Abgleichkern (siehe auch Bild 5.13)

Die Größe der Induktivität einer HF-Spule richtet sich nach dem Frequenzbereich und dem verwendeten Kapazitätswert des Kondensators, der zusammen mit der Spule den Schwingkreis bildet. Für gewöhnliche Rundfunk-Drehkondensatoren können folgende Induktivitätswerte der HF-Spulen angenommen werden:

| | |
|---|---|
| LW-Antennenspule, hochinduktiv | 6,5 mH |
| LW-Antennenspule, niederinduktiv | 0,3 mH |
| LW-Schwingkreisspule | 2,0 mH |
| MW-Antennenspule, hochinduktiv | 1,2 mH |
| MW-Antennenspule, niederinduktiv | 10,0 μH |
| MW-Schwingkreisspule | 0,2 mH |
| KW-Antennenspule | 1,0 μH |
| KW-Schwingkreisspule | 1,3 μH |

Im Handel wurden fertige und vorabgeglichene Spulensätze angeboten. So lieferte die Fa. *Hochfrequenz-Werkstätten*, Meuselwitz (Thür.), Einkreiser- und Superhet-Spulensätze mit einem oder mehreren KW-Bereichen. Die Fa. *G. Neumann*, Creuzburg (Werra), bot ähnliche Spulensätze an, allerdings in den Ausführungen mit Drehschalter oder mit Drucktasten. Für den Bau von UKW-Empfängern lieferte die Fa. *Hochfrequenz-Werkstätten*, Meuselwitz (Thür.), früher einen Spulensatz für einen UKW-Empfänger. Einfacher gestaltet sich der Selbstbau, wenn man das UKW-Eingangsaggregat U 5 des UKW-Superspulensatzes *SSp 232* der Fa. *G. Neumann* verwendet (siehe Bild 11.1).

Für die Siebung der aus einer Wechselspannung gewonnenen Anodengleichspannung werden Siebdrosseln eingesetzt. Infolge des induktiven Wechselstromwiderstandes der Siebdrossel ist die Siebwirkung eines Kondensator-Drossel-Gliedes besser als die eines Kondensator-Widerstands-Gliedes. Die Siebdrossel besteht aus einem Spulenkörper mit entsprechenden Windungen und einem

Bild 6.6
Verschiedene Ausführungsformen von ZF-Bandfilterkreisen und ZF-Bandfiltern für Transistorempfänger

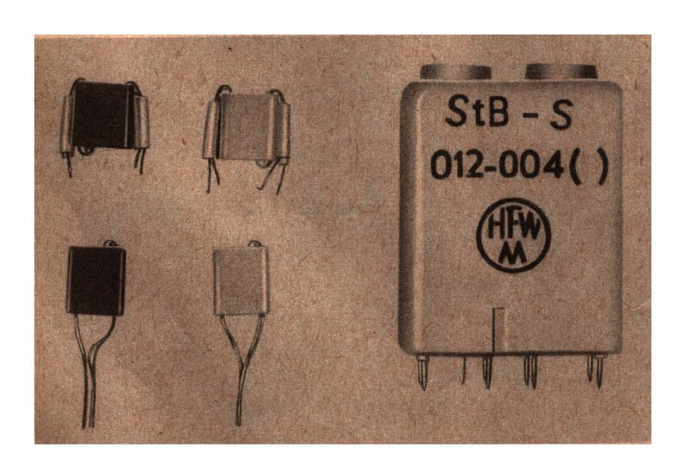



Bild 6.7
Piezokeramische ZF-Filter vom Typ *SPF 455-9* bzw. *SPF 455-A6* des Kombinats *VEB Keramische Werke* Hermsdorf im Vergleich zu einem ZF-Bandfilter für Transistorschaltungen

Eisenkern mit Luftspalt. Ähnlich aufgebaut ist die Feldspule eines elektrodynamischen Lautsprechers, die im Luftspalt ein kräftiges Magnetfeld für die Schwingspule erzeugt. Bei Verwendung von elektrodynamischen Lautsprechern wird die Feldspule oft als Siebdrossel im Netzteil verwendet; allerdings muß gewährleistet sein, daß der zur Erzeugung des benötigten Magnetfeldes erforderliche Gleichstrom die Feldspule durchfließt.

## 6.4. Transformatoren

Transformatoren werden für verschiedene Zwecke in der praktischen Funktechnik eingesetzt, z. B. als Netztransformator, NF-Übertrager oder als Ausgangsübertrager (Bild 6.8). Der Transformator hat auf einem Eisenkern ohne Luftspalt 2 oder mehrere Wicklungen zur Transformierung einer Wechselspannung nach höheren oder niederen Spannungswerten. Im Netzteil wird der Netztransformator verwendet, um die Wechselspannung des Versorgungsnetzes von meist 220 V/50 Hz auf den Wert der Heizspannung und der Anodenspannung (die gleichgerichtet wird) zu transformieren. Handelsüblich sind eine Anzahl von Netztransformatoren für die verschiedensten Verwendungszwecke. Der Netztransformator *N 85 U* der Fa. *G. Neumann*, Creuzburg (Werra), weist folgende Daten auf:

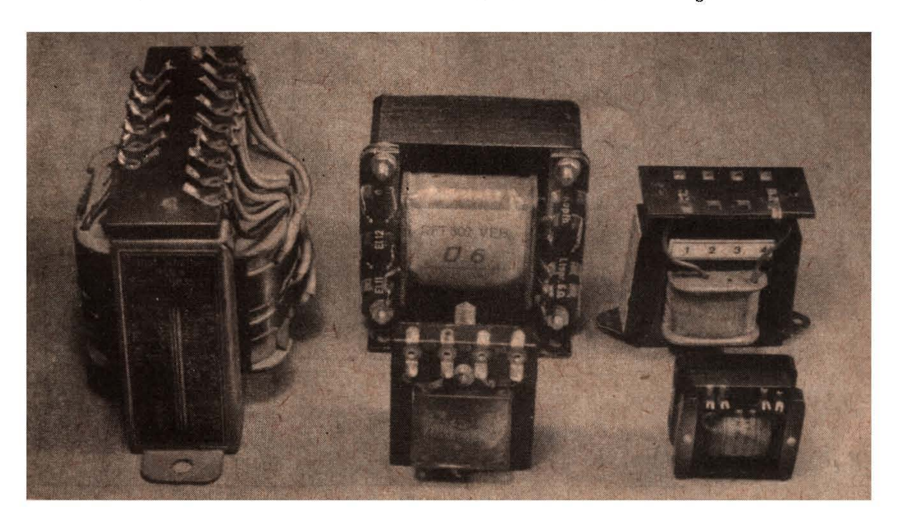
Primärwicklung 110 V und 220 V

Sekundärwicklungen

a) 2 × 280 V, 85 mA, angezapft bei 260 V und 240 V
b) Heizung 6,3 V, 0,9 A, angezapft bei 4 V
c) Heizung 6,3 V, 3,8 A

In der Niederfrequenztechnik bezeichnet man den Transformator allgemein als Übertrager. Unterschieden wird zwischen Eingangs-, Mikrofon-, Zwischen- und Ausgangsübertragern. Die NF-Übertrager werden meist zur Widerstandsanpassung benutzt, so zur Anpassung des niederohmigen Mikrofons an den hochohmigen Verstärker-

Bild 6.8
Transformatoren und Übertrager, links Netztransformatoren, daneben (oben) Ausgangsübertrager und Siebdrossel, darunter kleinere NF-Übertrager



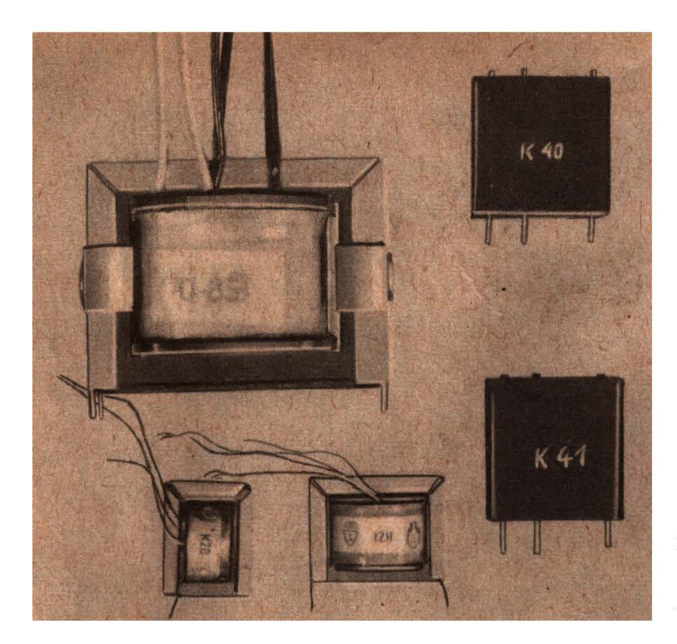



Bild 6.9
Ausführungsformen von NF-Übertragern für Transistor-NF-Verstärker

eingang oder zur Anpassung der niederohmigen Schwingspule eines Lautsprechers an den hochohmigen Außenwiderstand der Endröhre eines Niederfrequenzverstärkers. Da der Anodenstrom der Endröhre über die hochohmige Wicklung des Ausgangsübertragers fließt, hat der Ausgangsübertrager zur Vermeidung einer Gleichstrom-Vormagnetisierung einen Luftspalt.
Die Berechnung von Transformatoren und Siebdrosseln wurde bereits in Abschnitt 5. behandelt. Die Kenndaten von Transformatorkernen und die Eigenschaften von Kupferlackdrähten sind in Tabellenform im Anhang zusammengefaßt.

## 6.5. Trockengleichrichter und Dioden

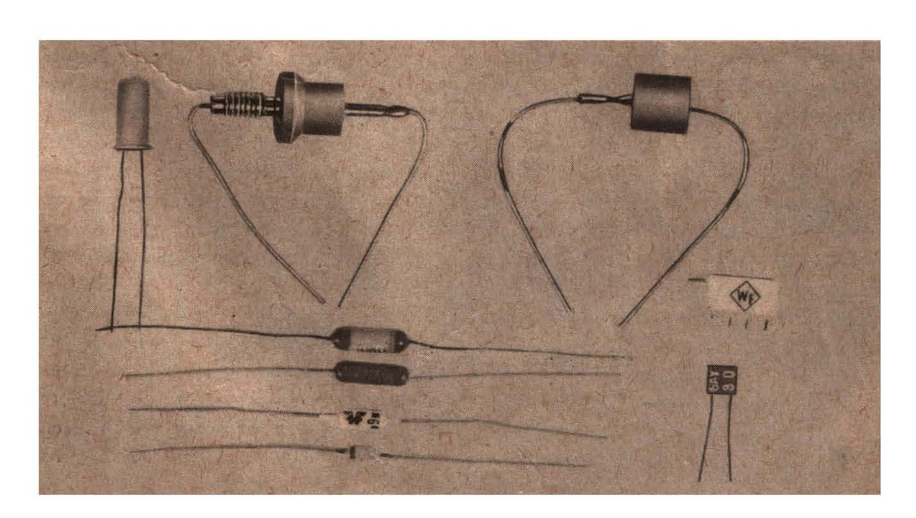
An Stelle der Gleichrichterröhre kann zur Gleichrichtung einer Wechselspannung im Netzteil auch ein Trockengleichrichter verwendet werden (Bild 6.10). Oft wird dafür der aus einzelnen Platten zusammengesetzte Selengleichrichter benutzt. Während die Plattengröße maßgebend für die Strombelastung ist, bestimmt die Anzahl der Platten die gleichzurichtende Spannung. Die Sperrspannung neuerer Selenplatten beträgt etwa 20 V, die Strombelastung je $cm^2$ etwa 30 mA. Wie die Gleichrichterröhre läßt auch der Selengleichrichter den Strom nur in einer Richtung fließen. Der Minuspol befindet sich an der Metallplatte, der Pluspol an der silbrigen Schutzschicht der Selenplatte. Je nach dem Verwendungszweck kann man mit Selengleichrichtern Einweg-, Zweiweg- oder *Graetz*-Gleichrichterschaltungen aufbauen.

Bild 6.10

Trockengleichrichter und Germaniumdioden für verschiedene Verwendungszwecke. Links unten ein Kupferoxydul-Meßgleichrichter („Maikäfer“), rechts daneben eine Germanium-Diode und ein Paar Germanium-Glasdioden

Bild 6.11

Ausführungsformen von Halbleiterdioden. Obere Reihe (v. l. n. r.) *GY 100*, *SY 100*, *SY 200*; unten Mitte (v. o. n. u.) *OA 721*, *OA 685*, *GA 103*, *SAY 11*; rechts (v. o. n. u.) *SAM 44* und *SAY 30*



Neuerdings auf Germanium- oder Siliziumbasis hergestellte Halbleitergleichrichter weisen ein wesentlich kleineres Volumen als die Selengleichrichter auf.
Zur HF-Gleichrichtung verwendet man heute statt der früher üblichen Kristalldetektoren oder Sirutoren (Kupferoxydulgleichrichter) Germanium- oder Siliziumdioden in Allglasausführung oder in metallisierten Keramikkörpern (Bild 6.11). Die wichtigsten Daten der HF-Dioden und Leistungsdioden enthält eine Tabelle im Anhang.

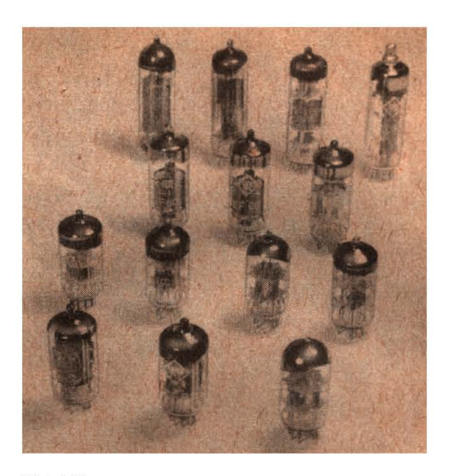


Bild 6.12
Verschiedene moderne Miniaturröhren

## 6.6. Elektronenröhren und Transistoren

In der vielfältigsten Weise werden Elektronenröhren in der Funktechnik und in der Elektrotechnik eingesetzt, so zum Beispiel zur Verstärkung kleiner Wechselspannungen, wie sie ein Mikrofon abgibt (Mikrofonvorverstärker). Sollen ein oder mehrere Lautsprecher betrieben werden, dann muß man eine entsprechende Endröhre verwenden (End- bzw. Lautsprecherverstärker). Ein anderes Problem ist die Gleichrichtung von Wechselspannungen (HF-Gleichrichter, Netzgleichrichter). Besonders große Leistungen müssen z. B. bei Rundfunksendern (Sender-Endstufe) aufgebracht werden.
Für die moderne Bastelpraxis verwendet man heute die Miniaturröhren, die klein sind und einen ökonomisch vertretbaren Leistungsbedarf haben. Außerdem sind die erzielbaren Ergebnisse wesentlich besser als bei den alten Elektronenröhren. Man unterscheidet dabei Röhren für den Wechselstrombetrieb (*E*-Röhren), für den Allstrombetrieb (*P*- und *U*-Röhren) und für den Batteriebetrieb (*D*-Röhren). Eine Tabelle im Anhang gibt die wichtigsten Daten und die Sockelschaltbilder für die modernen Miniaturröhren an. Damit man die Miniaturröhren der DDR-Produktion mit ausländischen Röhren vergleichen kann, wurde im Anhang eine Röhrenvergleichstabelle aufgenommen. Bild 6.12 zeigt einige moderne Miniaturröhren.
Heute wird bei vielen Anwendungsbeispielen die Elektronenröhre erfolgreich durch die Transistoren verdrängt. Das trifft vor allem bei kleinen Leistungen und Frequenzen zu. Allerdings schreitet die Entwicklung von Transistoren äußerst schnell voran, und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit sind vorläufig noch nicht absehbar. In den Kreisen der Radiobastler nimmt das Interesse an der Anwendung der Transistoren für die praktische Schaltungstechnik ständig zu, weil sich einige wesentliche Vorteile gegenüber der Elektronenröhre ergeben.
Günstig wirkt sich in erster Linie der Fortfall der Heizleistung aus sowie die kleine Gleichspannung, die zur Speisung notwendig ist. Die verwendeten Gleichspannungen liegen zwischen 1,5 und 24 V, wobei allerdings in den meisten Schaltungen nur Spannungen bis 9 V verwendet werden. Dazu kommt die wesentlich geringere Größe des

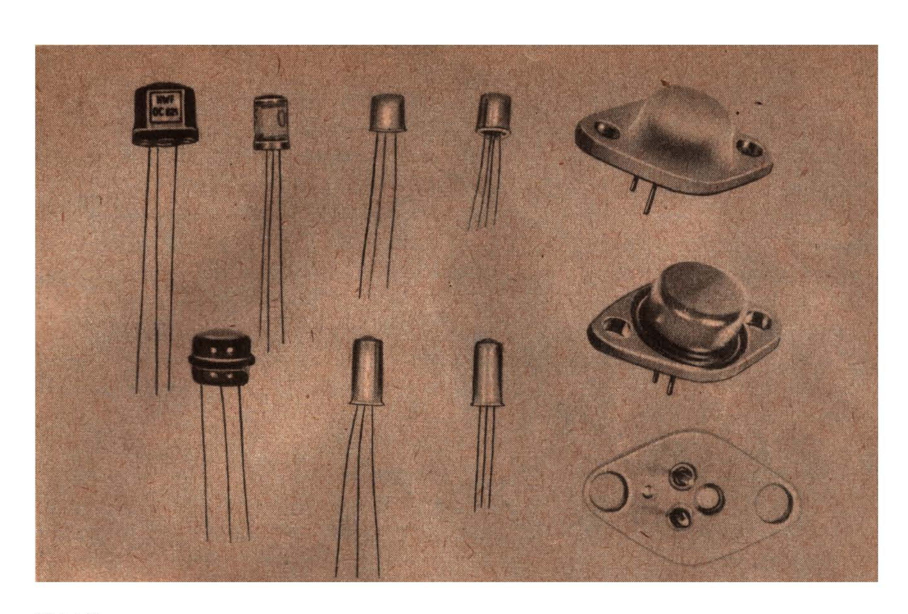


Bild 6.13
*RFT*-Transistor-Bauformen unterschiedlicher Herstellungsperioden. Obere Reihe (v. l. n. r.) *OC 821*, *OC 870*, *GC 100*, *GF 130*, *OC 836*; untere Reihe (v. l. n. r.) *OC 824*, *GC 121*, *GF 128* und *GD 240*

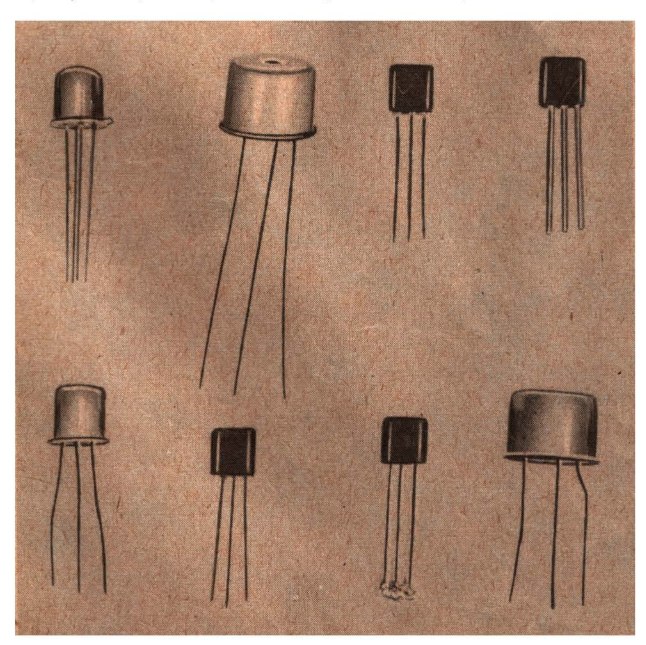


Bild 6.14
*RFT*-Transistor-Bauformen aus der modernen Fertigung. Obere Reihe (v. l. n. r.) *GF 145*, *SF 121*, *SS 216*, *SF 216*; untere Reihe (v. l. n. r.) *SF 136*, *SC 206*, *SM 103* und *LF 842*

Transistors gegenüber der Elektronenröhre. Das ist bei vielen Anwendungsbeispielen für den Radiobastler wichtig, da er seine tragbaren Geräte möglichst klein bauen will.

Bild 6.13 und Bild 6.14 zeigen einige Ausführungsformen von Transistoren. Die wichtigsten Daten der Transistoren der DDR-Fertigung enthält der Tabellenanhang. Um Vergleichsmöglichkeiten mit ausländischen Transistoren zu haben, wurde im Anhang eine entsprechende Tabelle aufgenommen.

Näheres über Betriebs- und Grenzwerte der modernen Miniaturröhren sowie über die Schaltungstechnik dieser Röhren findet der Interessierte in Band 13 der Reihe *Der praktische Funkamateur* (Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik).

## 6.7. Sonstige Bauelemente

Für den Selbstbau von Mehrbereich-Spulensätzen benötigt man Wellenschalter, die je nach Verwendungszweck Kreisschalter oder Drucktastenschalter sind (Bild 6.15).

Kreisschalter mit einer Schaltebene oder mehreren fertigt der VEB *Elektrotechnik* Eisenach. Besonders preisgünstig ist eine Bastel- und Reparaturpackung dieses Betriebes, die sämtliche Einzelteile für einen kompletten Kreisschalter (Mehrstellenschalter) mit mehreren (bis zu 5) Schaltebenen enthält.

Drucktastenschalter in verschiedenen Ausführungen fertigt der gleiche Betrieb sowie früher die Fa. *G. Neumann*, Creuzburg (Werra). Außerdem lieferte diese auch einen Miniatur-Schiebetastenschalter (bis zu 11 Tasten). Jeder einzelnen Taste können jeweils 6 Schaltkontakte zugeordnet werden.

Röhrenfassungen aus Pertinax, Preßstoff oder Keramik für die in den Röhrenlisten der volkseigenen Röhrenwerke enthaltenen Röhren sind im Handel erhältlich (Bild

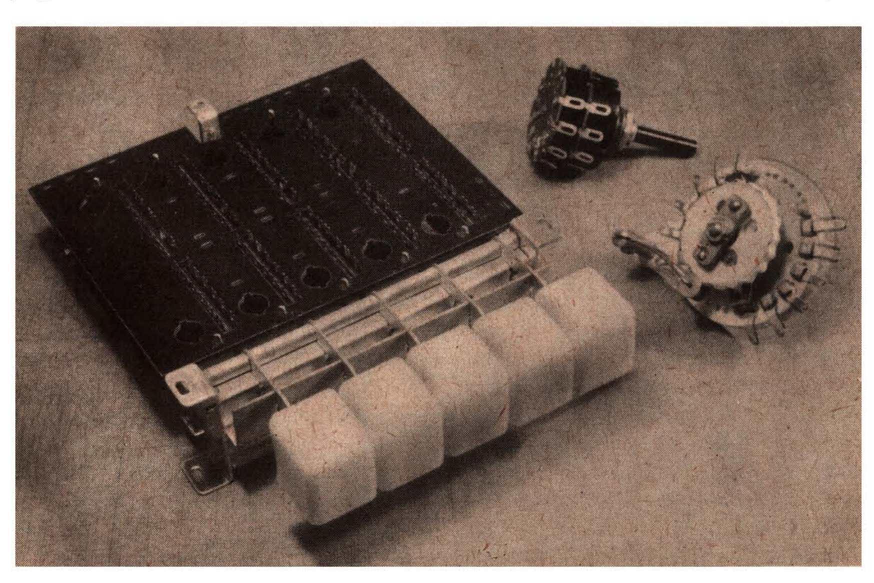


Bild 6.15
Drucktasten- und Drehschalter für verschiedene Anwendungszwecke

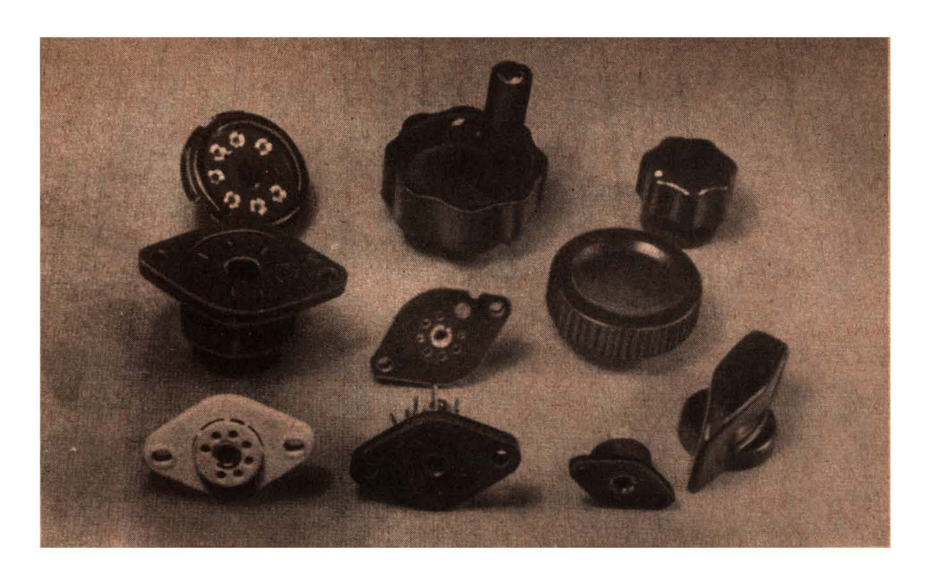


Bild 6.16
Röhrenfassungen für 7- und 9polige Miniaturröhren (unten) sowie für Oktalröhren (links) und verschiedene Drehknöpfe (rechts)

6.16). Es ist ratsam, für den Aufbau von Geräten oder zum Ausprobieten von Schaltungen immer einige Röhrenfassungen vorrätig zu halten. Das trifft auch für normale Dreh- oder für Zeigerknöpfe zu, die speziell für Meßgeräte verwendet werden (Bild 6.16).

Für einfache Schaltvorgänge, also 1- oder 2polige Ein/Aus-Schaltungen sowie 1- oder 2polige Umschaltungen, verwendet man Kippschalter (Bild 6.17). Für tragbare Geräte, an denen die Schalthebel aus Preßstoff leicht abbrechen, empfiehlt sich die Anwendung der gleichen Schaltausführung als Schiebeschalter. Stecker und passende Buchsen findet man in den vielfältigsten, dem jeweiligen Anwendungsgebiet und den damit verbundenen Anforderungen entsprechenden Ausführungen. Die einfachste Steckverbindung, Bananenstecker und Telefonbuchse, genügt in vielen Fällen (bei Netzgeräten, Rundfunkempfängern usw.). Bei NF-Verstärkern mit empfindlichen Eingängen, also bei kleinen Eingangsspannungen wie in Mikrofon-Vorverstärkern, empfiehlt sich zur Vermeidung von Brummeinstreuungen die abgeschirmte Ausführung einer Steckverbindung. Das gleiche trifft für einige Anwendungen in der HF-Technik zu, bei Meßsender-Ausgängen, Frequenzmesser-Eingängen usw.

Um den Netztransformator oder andere teure Bauelemente vor Schaden zu bewahren, wird eine Absicherung des Geräte-Netzeinganges und der Anodengleichspannung angeraten. Für diese Zwecke sind Feinsicherungen angebracht (Bild 6.18), die in einem Glasröhrchen zwischen 2 Metallkappen den leicht schmelzenden Draht enthalten. Als Sicherungshalter benutzt man Pertinaxbrettchen mit 2 Klemmfedern oder ein Sicherungselement mit Schraubkopf. Bei der Absicherung ist der Nennstromwert der Feinsicherung etwas höher zu bemessen als der tatsächlich fließende Strom. Die entsprechenden Feinsicherungen sind in den

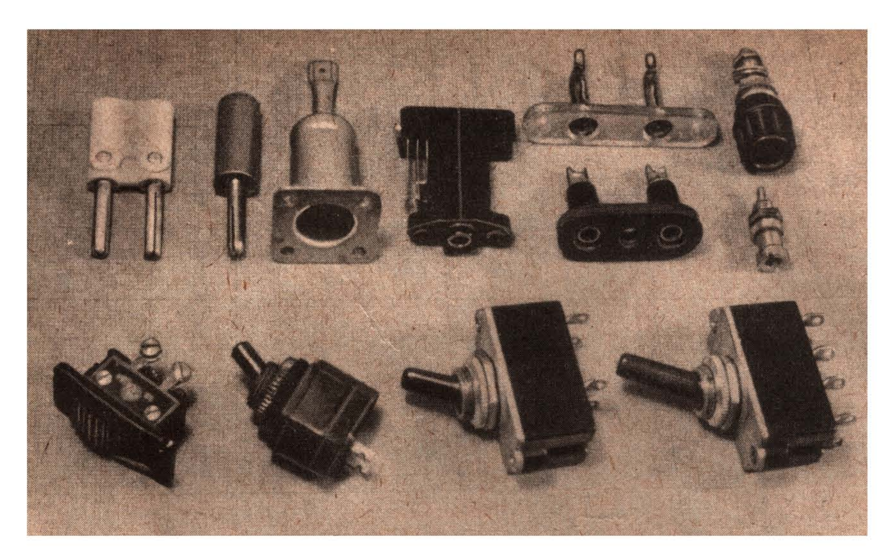


Bild 6.17
Verschiedene Bauteile für den Selbstbau von funktechnischen Geräten, 1- und 2polige Stecker und Buchsen (oben) sowie verschiedene Kipp- und Schiebeschalter (unten)

Ausführungen »flink« und »träge« erhältlich. Träge Feinsicherungen können eine Zeitlang mit einer höheren Stromstärke betrieben werden, ehe sie durchbrennen.

Für die Beleuchtung von Skalen und zur Anzeige des Betriebszustandes finden kleine Glühlampen Verwendung (Bild 6.18). In Wechselstromgeräten hat man meist Glühlampen für 6,3 V/0,3 A, in Allstromgeräten Glühlampen für 18 V/0,1 A. Zur Anzeige des Betriebszustandes benutzt man auch oft kleine Glimmlampen. Bei Anwendung der Glimmlampen muß beachtet werden, daß diese einen Vorwiderstand von etwa 300 kΩ benötigen. Für die einzelnen Glühlampenarten, mit Schraubsockel oder in Soffittenausführung, gibt es verschiedene Arten von Lampenfassungen, die man je nach Bedarf wählt.

Zum Selbstbau von Skalenantrieben für Empfangs- oder Meßgeräte hält der Handel Skalenräder (Seilräder) in verschiedenen Größen bereit (Bild 6.19). Auch die für die Führung des Skalenseiles notwendigen Umlenkrollen kann man ebenso wie die auf 6-mm-Achsen aufschiebbaren Antriebshohlachsen fertig kaufen.

Zum Verdrahten eines selbstgebauten Gerätes ist isolierter Schaltdraht mit einem Kupferdurchmesser von 0,5 mm oder 0,7 mm erforderlich. Wird die Schaltverbindung dauernden Bewegungen ausgesetzt, so muß isolierte Schaltlitze verwendet werden, die sehr flexibel ist. Zum Isolieren blanker Drahtverbindungen nimmt man Isolierschlauch (Gummi- oder getränkten Webschlauch). Für HF-Spulen hält man HF-Litze 20 × 0,07 mm und versilberten Kupferdraht vorrätig.

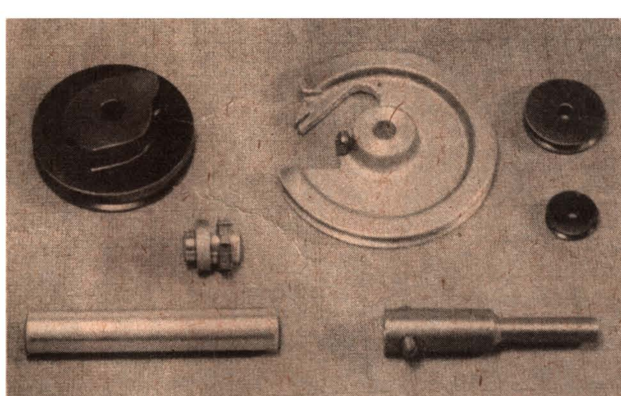


Bild 6.18
Feinsicherungen (oben), Skalenlampen und Glimmlampen mit entsprechenden Fassungen (unten)

Bild 6.19
Verschiedene Bauteile für den Selbstbau von Skalen wie Seilräder, Umlenkrollen, Führungsbuchse, Antriebsachse und Verlängerungsachse

# Bauanleitungen und Schaltungsvorschläge mit Miniaturröhren

# 7. Stromversorgung von funktechnischen Geräten

Bei der Stromversorgung von funktechnischen Geräten wie Empfängern, Sendern, Meßgeräten usw. unterscheiden wir zwischen dem Batteriebetrieb und dem Netzbetrieb. Der Batteriebetrieb wird vor allem bei transportablen Geräten angewendet, z. B. im Gelände oder in Gegenden, in denen keine Netzspannung zur Verfügung steht. Auch Notfunkanlagen werden wahlweise für Batterie- und Netzbetrieb ausgelegt, da eine solche Station auch bei Ausfall des Stromnetzes immer einsatzbereit sein muß.
Der Netzbetrieb ist gegenüber dem Batteriebetrieb wesentlich billiger und wird deshalb bei allen stationären Geräten angewendet. Steht ein Wechselstromnetz zur Verfügung, so sieht man selbstverständlich für die Stromversorgung auch einen Wechselstrom-Netzteil vor. Mit einem Netztransformator läßt sich die Netzspannung beliebig herauf- bzw. herabsetzen. Muß allerdings ein Gleichstromnetz benutzt werden, so ist Allstrombetrieb vorzusehen.

## 7.1. Die Siebung

Für den Betrieb eines mit Elektronenröhren bestückten funktechnischen Gerätes sind verschiedene Betriebsspannungen notwendig. Während für die Heizung der Elektronenröhren, vor allem für die indirekt geheizten Röhren, bei denen Heizfaden und Katode elektrisch voneinander getrennt sind, Wechselstrom verwendet werden kann, erfordern die einzelnen Elektrodenspannungen (wie Gittervorspannung, Schirmgitterspannung und Anodenspannung) Gleichspannungen. Steht ein Wechselstromnetz zur Verfügung, so wird die erforderliche Gleichspannung durch Gleichrichten der Wechselspannung gewonnen. Je nach Schaltungsart unterscheiden wir zwischen der Einweg- und der Zweiweg-Gleichrichtung. Die Einweg-Gleichrichtung wird vor allem bei der Allstromschaltung oder bei Wechselstrom-Netzteilen angewendet, bei denen in bezug auf die Größe der Brummspannung keine besonderen Ansprüche gestellt werden. Für die Gleichrichtung stehen Hochvakuum-Gleichrichterröhren (z. B. *EZ 80*, *EZ 81*) oder Trockengleichrichter auf Selenbasis zur Verfügung. Neuerdings finden auch Ge- bzw. Si-Flächendioden, die sich durch besondere Kleinheit auszeichnen, zur Gleichrichtung von Wechselspannungen Anwendung. Hochvakuum-Gleichrichterröhren benötigen gegenüber den anderen Gleichrichtern noch eine Heizspannung. Dabei können Gleichrichterröhren mit indirekt geheizter Katode (*EZ 80*, *EZ 81*) aus der gleichen Heizspannungswicklung geheizt werden wie die anderen Elektronenröhren, z. B. die eines Empfängers. Für direkt geheizte Gleichrichterröhren (*AZ 11*, *AZ 12*) benutzen wir eine besondere Heizwicklung. Die einfachste Gleichrichterschaltung ist die Einweg-Gleichrichtung (Bild 7.1). Auf dem Netztransformator braucht dafür nur eine einzige Anodenspannungs-

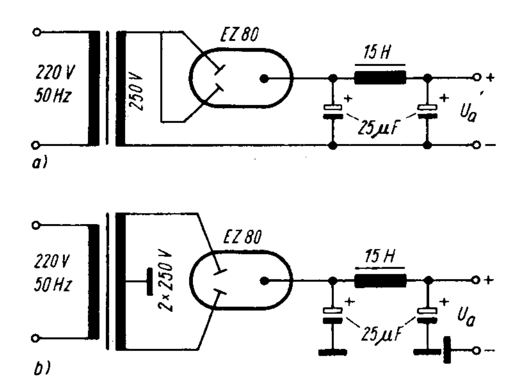



Bild 7.1
Prinzipschaltung der Einweg- (a) und der Zweiweg-Gleichrichtung (b)

wicklung vorhanden zu sein. Ein Wicklungsende hat Massepotential, das andere wird mit der Anode der Gleichrichterröhre verbunden. An der Katode der gleichen Röhre kann ein pulsierender Gleichstrom entnommen werden, der noch durch entsprechende Siebmittel zu glätten ist. Dafür verwenden wir Siebglieder, die in dem Längszweig entweder eine Drosselspule oder einen Widerstand haben und in den beiden Querzweigen entsprechend große Kondensatoren. Das Längsglied hat die Eigenschaft, eine Gleichspannung passieren zu lassen und eine Wechselspannung zu sperren. Die Querglieder verhalten sich entgegengesetzt, indem sie der Gleichspannung den Weg versperren, aber eine Wechselspannung nach Masse passieren lassen. Durch die Spannungsteilung tritt im Ausgang des Netzgerätes eine gesiebte Gleichspannung auf, während die nach der Gleichrichterröhre noch vorhandenen Wechselspannungsreste nach Masse abfließen. Für die Größe der Siebwirkung ist die Größe der Kondensatoren (Elektrolytkondensatoren) und der Siebdrossel maßgebend. Außerdem spielt die Brummfrequenz eine Rolle. Diese beträgt bei Einweg-Gleichrichtung 50 Hz, bei Zweiweg-Gleichrichtung 100 Hz. Bei der Zweiweg-Gleichrichtung ist die Brummfrequenz doppelt so groß, weil beide Halbwellen der Wechselspannung bei der Gleichrichtung ausgenutzt werden (Bild 7.1). Es sind deshalb 2 Anodenspannungswicklungen nötig, meist als eine Wicklung mit Mittelanzapfung auf dem Netztransformator ausgeführt. Die Mittelanzapfung wird an Masse gelegt, und die beiden anderen Wicklungsenden werden an die beiden Anoden der Gleichrichterröhre geführt. An der Katode läßt sich dann wieder die gleichgerichtete Spannung entnehmen, die noch entsprechend zu sieben ist.

Nun wollen wir überschlagsmäßig die Siebwirkung der verwendeten Siebglieder berechnen. Wir erhalten damit den Überblick, ob eine vorgesehene Siebschaltung für einen bestimmten Verwendungszweck ausreicht. Soll eine gute Siebwirkung erreicht werden, so verwenden wir auf jeden Fall eine *LC*-Kette, wie sie Bild 7.2 zeigt. Für einfache Geräte genügt oft schon die *RC*-Schaltung nach Bild 7.2, die aber als Nachteil einen größeren Gleichspannungsabfall am Siebwiderstand *R* und eine geringere Siebwirkung zur Folge hat. Der Kondensator $C_1$ wird als Ladekondensator bezeichnet. An ihm liegt die gleichgerichtete Wechselspannung, der die Brummspannung überlagert ist. Für die Größe der Brummspannung am

Ladekondensator gilt bei

Einweg-Gleichrichtung

$$U_{Br_1} = 4{,}5 \cdot \frac{I}{C_1},$$

Zweiweg-Gleichrichtung

$$U_{Br_1} = 1{,}5 \cdot \frac{I}{C_1};$$

$U_{Br_1}$ – Brummspannung am Ladekondensator $C_1$, $C_1$ – Kapazität in µF des Ladekondensators, $I$ – Verbraucherstrom in mA.

Das anschließende $LC$-Glied verringert die Brummspannung infolge des Frequenzverhaltens der Siebdrossel (großer Wechselstromwiderstand) und des Siebkondensators $C_2$ (kleiner Wechselstromwiderstand). Für die restliche Brummspannung $U_{Br_2}$ in Prozent von $U_{Br_1}$ gilt bei

Einweg-Gleichrichtung

$$U_{Br_2} = \frac{1000}{L \cdot C_2},$$

Zweiweg-Gleichrichtung

$$U_{Br_2} = \frac{250}{L \cdot C_2};$$

$U_{Br_2}$ – restliche Brummspannung in Prozent von $U_{Br_1}$, $L$ – Induktivität der Siebdrossel in H, $C_2$ – Kapazität in µF des Siebkondensators.

Wird zur Siebung ein $RC$-Glied nach Bild 7.2 benutzt, so gilt für die restliche Brummspannung bei

Einweg-Gleichrichtung

$$U_{Br_2} = \frac{320}{R \cdot C_2},$$

Zweiweg-Gleichrichtung

$$U_{Br_2} = \frac{160}{R \cdot C_2};$$

$U_{Br_2}$ – restliche Brummspannung in Prozent von $U_{Br_1}$, $R$ – Siebwiderstand in kΩ, $C_2$ – Kapazität in µF des Siebkondensators.

*Beispiel*

Für eine Gleichrichterschaltung sei bei einer Stromentnahme von $I = 100$ mA der Ladekondensator $C_1$ mit 25 µF, der Siebkondensator $C_2$ mit 32 µF bemessen. Wahlweise wird eine Siebdrossel mit $L = 15$ H oder ein Siebwiderstand mit $R = 1$ kΩ verwendet. Wie sehen die Brummspannungsverhältnisse bei Einweg- und Zweiweg-Gleichrichtung aus?

Einweg-Gleichrichtung:

$LC$-Kette

$$U_{Br_1} = 4{,}5 \cdot \frac{100}{25} = 18\ \text{V}$$

$RC$-Kette

$$= 4{,}5 \cdot \frac{100}{25} = 18\ \text{V}$$

$LC$-Kette

$$U_{Br_2} = \frac{1000}{15 \cdot 32} = \frac{1000}{480} = 2{,}08\,\%$$

$RC$-Kette

$$= \frac{320}{1 \cdot 32} = \frac{320}{32} = 10\,\%$$

$LC$-Kette

$$U_{Br_2} = \frac{U_{Br_1} \cdot 2{,}08}{100}$$

$$= \frac{18 \cdot 2{,}08}{100} = 0{,}374\ \text{V}$$

$RC$-Kette

$$= \frac{18 \cdot 10}{100} = 1{,}8\ \text{V}$$

Zweiweg-Gleichrichtung:

$LC$-Kette

$$U_{Br_1} = 1{,}5 \cdot \frac{100}{25} = 6\ \text{V}$$

$RC$-Kette

$$= 1{,}5 \cdot \frac{100}{25} = 6\ \text{V}$$

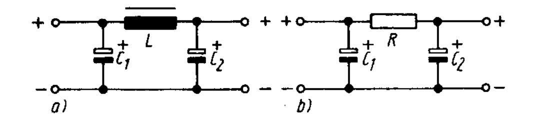



Bild 7.2
Siebglieder zur Gleichstromsiebung nach dem *LC*-Prinzip (a) und dem *RC*-Prinzip (b)

*LC*-Kette

$$U_{Br_2} = \frac{250}{15 \cdot 32} = \frac{250}{480} = 0{,}52\,\%$$

*RC*-Kette

$$= \frac{160}{1 \cdot 32} = \frac{160}{32} = 5{,}0\,\%$$

*LC*-Kette

$$U_{Br_2} = \frac{U_{Br_1} \cdot 0{,}52}{100}$$

$$= \frac{6 \cdot 0{,}52}{100} = 0{,}031\ \text{V}$$

*RC*-Kette

$$= \frac{6 \cdot 5{,}0}{100} = 0{,}3\ \text{V}$$

Wie die Ergebnisse zeigen, ist für eine gute Siebung die Zweiwegschaltung der Einwegschaltung und die *LC*-Kette der *RC*-Kette vorzuziehen. Werden handelsübliche Teile benutzt, so wählen wir für die Siebketten Siebdrosseln von etwa 10 bis 50 H und Elektrolytkondensatoren von 4 bis 50 µF.

## 7.2. Allstromnetzteil

Die Allstromschaltung wendet man bei Netzteilen an, die sowohl an Gleichstrom- als auch an Wechselstromnetzen betrieben werden sollen. Es verbietet sich deshalb die Benutzung eines Netztransformators, um die notwendige Heizspannung und die Anodenspannung zu erzeugen. Als Anodenspannung wird vielmehr die volle Netzspannung verwendet. Bild 7.3 zeigt die Schaltung für einen Allstromnetzteil. Bei dem Betrieb an einem Gleichstromnetz wäre eigentlich der Trockengleichrichter (oder eine Gleichrichterröhre, gestrichelt gezeichnet) nicht notwendig. Damit aber bei falscher Polung des Netzteiles am Gleichstromnetz die Elektrolytkondensatoren nicht zerstört werden, ist es besser, den Gleichrichter einzubauen. Außerdem arbeitet das Gerät dann auch am Wechselstromnetz, ohne daß man eine besondere Umschaltung vornehmen muß. Die Siebkette, bestehend aus den Elektrolytkondensatoren von 50 µF und der Siebdrossel von etwa 15 H, vermindert bei Gleichstrombetrieb das Maschinengeräusch der Gleichstromgeneratoren, die das Gleichstromnetz speisen, und bei Wechselstrombetrieb das unvermeidliche Netzbrummen

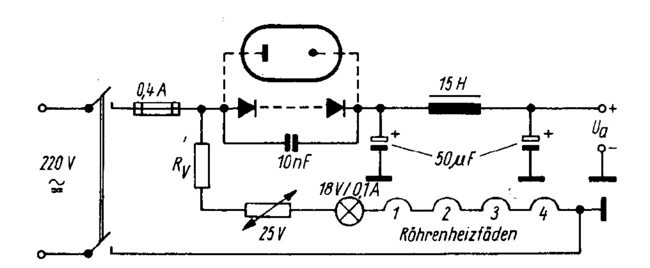



Bild 7.3
Schaltung für einen Allstromnetzteil

auf ein Minimum. Der parallel zum Gleichrichter liegende Kondensator von 10 nF verhindert das sogenannte »abstimmbare Netzbrummen«, das beim Empfang starker Sender auftreten kann, wenn das Stromnetz als Antenne wirkt. Bei Allstromnetzteilen ist der Siebdrossel gegenüber dem Siebwiderstand der Vorzug zu geben, da an der Siebdrossel ein geringerer Gleichspannungsabfall auftritt. Verwendet man dennoch einen Siebwiderstand, so wird die Gleichspannung für die Endröhre am Ladekondensator entnommen; ein stärkeres Brummen kann die Folge sein.

Ein besonderes, aber kein schwieriges Problem ist beim Allstromnetzteil die Bereitstellung der Heizspannungen für die einzelnen Röhren. Diese Heizspannungen, die durchweg weit niedriger als die Netzspannungen sind, lassen sich nur durch entsprechende Vorwiderstände einstellen. Da an solchen Vorwiderständen eine entsprechende elektrische Verlustleistung in Form von Wärme auftritt, wurden spezielle Allstromröhren geschaffen. Solche Allstromröhren sind gegenüber den normalen Elektronenröhren für eine höhere Heispannung ausgelegt und haben z. B. sämtlich den gleichen Heizstrom von 0,1 A. Damit ist eine stromsparende Heizung möglich: Die Heizfäden können in Serie geschaltet werden, und dabei fließt durch alle Heizfäden der gleiche Heizstrom von 0,1 A, während sich die einzelnen Heizspannungen addieren. An dem Vorwiderstand im Heizkreis braucht jetzt nur die Differenzspannung zur Netzspannung abzufallen. Dazu liegen noch im Heizkreis die Lämpchen für die Skalenbeleuchtung und ein Halbleiterwiderstand (Heißleiter) zum Begrenzen des Einschalt-Stromstoßes. Dieser Heißleiter ist notwendig, weil alle Heizfäden im kalten Zustand einen geringen Widerstand aufweisen und sich dadurch ein größerer Einschaltstrom als 0,1 A ergibt. Als Folge brennt dann meist das Skalenlämpchen durch. Der Heißleiter zeigt das umgekehrte Verhalten: Er hat vor dem Einschalten einen höheren Widerstand, so daß im Heizstromkreis auch beim Einschalten keine Überbelastung auftritt. Die Berechnung der Größe eines erforderlichen Vorwiderstandes zeigt folgendes Beispiel.

*Beispiel*

Für einen Rundfunkempfänger soll der Vorwiderstand für den Heizkreis berechnet werden. In diesem Heizkreis liegen die Heizfäden der Röhren *UF 89*, *UCH 81*, *UBF 89*, *UCL 82*, eine Skalenlampe mit 18 V und ein Heißleiter mit einem Spannungsabfall von 25 V im heißen Zustand. Die Stromstärke im Heizkreis beträgt $I = 0{,}1$ A. Die Gesamtheizspannung erhalten wir aus der Addition der einzelnen Heizspannungen der Elektronenröhren, der Spannungen der Skalenlampe und des Heißleiters.

$$\mathit{UF\ 89} = 12{,}6\ \mathrm{V};\ \mathit{UCH\ 81} = 19\ \mathrm{V};$$
$$\mathit{UBF\ 89} = 19\ \mathrm{V};\ \mathit{UCL\ 82} = 50\ \mathrm{V};$$

$$U_\mathrm{H} = 12{,}6\ \mathrm{V} + 19\ \mathrm{V} + 19\ \mathrm{V} + 50\ \mathrm{V} + 18\ \mathrm{V} + 25\ \mathrm{V} = 143{,}6\ \mathrm{V}.$$

Bei einer Netzspannung von $U_\mathrm{N} = 220$ V muß am Vorwiderstand $R_\mathrm{V}$ eine Spannung $U_\mathrm{R}$ abfallen von

$$U_\mathrm{R} = U_\mathrm{N} - U_\mathrm{H} = 220\ \mathrm{V} - 143{,}6\ \mathrm{V} = 76{,}4\ \mathrm{V}.$$

Die Größe des Vorwiderstandes ergibt sich damit zu

$$R_\mathrm{V} = \frac{U_\mathrm{R}}{I} = \frac{76{,}4}{0{,}1} = 764\,\Omega\,.$$

Dieser Widerstand muß eine Belastbarkeit haben von

$$P = I^2 \cdot R_\mathrm{V} = 0{,}1^2 \cdot 764 = 0{,}01 \cdot 764 = 7{,}64\ \mathrm{W}.$$

Ein großer Nachteil der Allstromschaltung liegt darin, daß direkte Verbindung mit dem Stromnetz besteht. Deshalb ist beim Arbei-

ten an Allstromschaltungen äußerste Vorsicht geboten. Steht z. B. das Chassis mit der Netzphase in Verbindung, so kann man beim Berühren einen elektrischen Schlag erhalten. Deshalb ist es besser, vorher den Netzstecker aus der Netzdose zu ziehen. Muß am eingeschalteten Gerät gearbeitet werden, so kontrolliert man vorher mit einem Glimmlampenprüfstift, ob das Chassis Spannung führt.

## 7.3. Wechselstromnetzteil

Bei der Wechselstromschaltung ist diese Berührungsgefahr am Chassis nicht vorhanden, da durch den Netztransformator eine galvanische Trennung von Netz und Schaltung erfolgt. Die Primärwicklung des Netztransformators liegt über dem Einschalter (1- oder 2poligem Kippschalter) am Stromnetz. Die beiden Kondensatoren von je 5 nF verhindern, daß das Netz als Antenne wirkt. Meist enthält die Primärwicklung eines Netztransformators noch Anzapfungen für andere Netzspannungen (z. B. 110 V, 125 V, 150 V, 240 V). Bei einer anderen Netzspannung als 220 V braucht man also nur einen Anschluß umzuschalten, und das Gerät arbeitet mit der gleichen Leistungsfähigkeit wie bei 220 V. Je nach Schaltungsart enthält der Netztransformator sekundärseitig Wicklungen für die Anodenspannung und die Heizspannung (Berechnung eines Netztransformators s. Abschnitt 5.4.).

Bild 7.4 zeigt die Schaltung eines Wechselstromnetzteiles mit Zweiweg-Gleichrichtung. Die Mittelanzapfung der Anodenwicklung wird über eine Sicherung an Masse gelegt, damit bei auftretendem Kurzschluß (z. B. defektem Elektrolytkondensator) die Gleichrichterröhre und die Anodenwicklung gesichert sind. Die beiden anderen Enden der Anodenwicklung liegen an den beiden Anoden der Gleichrichterröhre. An der Katode wird die gleichgerichtete Spannung entnommen; darauf folgt die übliche Siebkette. Bei der Heizung der Gleichrichterröhre muß man darauf achten, wie die Katode aufgebaut ist. Bei einer indirekt geheizten Katode (z. B. *EZ 80*, *EZ 81*) kann der Heizfaden an der gleichen Heizwicklung wie die anderen Röhrenheizfäden angeschlossen werden. Nur bei direkt geheizten Katoden (z. B. *AZ 11*, *AZ 12*) müssen wir eine besondere Heizwicklung für die Gleichrichterröhre verwenden. Bei halbindirekt geheizten Gleichrichterröhren ist ein Heizfadenende mit der Katode verbunden. Deshalb muß wie bei der direkt geheizten Katode eine besondere Heizwicklung für die Gleichrichterröhre vorgesehen werden. Sämtliche modernen Wechselstromröhren haben einen Heizfaden mit der Heizspannung von 6,3 V. Deshalb werden die Heizfäden aller in einem Gerät verwendeten Elektronenröhren parallelgeschaltet. Dadurch addieren sich die Heizstromstärken der einzelnen Röhren, es ist leicht zu kontrollieren, ob die Heizwicklung eines Netz-

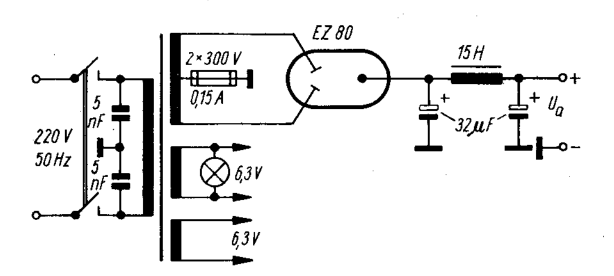



Bild 7.4
Schaltung für einen Wechselstromnetzteil

transformators für die benötigte Heizstromstärke genügt. Reicht sie nicht aus, so muß man die Röhrenheizfäden auf 2 Heizwicklungen verteilen, die meist jeder Netztransformator enthält.

Die verwendeten Skalenlampen sind ebenfalls für eine Betriebsspannung von 6,3 V ausgelegt, so daß sie direkt an die Heizwicklung angeschlossen werden können.

## 7.4. Spannungsstabilisierung

Für manche Schaltungen werden konstante Gleichspannungen, sogenannte »stabilisierte Spannungen« benötigt. Das kann der Fall sein bei der Schirmgitterspannung eines Kurzwellenaudions oder bei Meßgeräten. Dafür verwendet man Spannungsstabilisatorröhren, die eine bestimmte Gleichspannung in engen Grenzen konstanthalten. In diesen Röhren gibt es eine Glimmentladungsstrecke, die auf Grund physikalischer Vorgänge eine konstante Brennspannung hat. Da die Zündspannung einer solchen Glimmstrecke höher liegt als die Brennspannung, muß man eine Stabilisatorröhre über einen Vorwiderstand aus einer Gleichspannung von etwa 250 bis 350 V betreiben. Am Pluspol der Stabilisatorröhre kann die konstante Gleichspannung entnommen werden.

Es gibt verschiedene Typen von Stabilisatorröhren, die sich in der Größe der Brennspannung (70 V, 85 V, 100 V, 150 V, 280 V) und der Größe des entnehmbaren Stromes (4,5 bis 40 mA) unterscheiden. Bild 7.5 zeigt ein Beispiel für die Schaltung einer Stabilisatorröhre zur Konstanthaltung einer Spannung von 150 V bei einer maximalen Stromentnahme von 30 mA. Folgendes Beispiel erläutert die Berechnung des Vorwiderstandes für die Stabilisatorröhre.

Tabelle Gleichrichterröhren

| Typ | Heizspannung V | Heizstrom A | Transformatorspannung V | entnehmbarer Gleichstrom mA | maximaler Ladekondensatror µF |
|---|---|---|---|---|---|
| RGN 1064<br>AZ 1, AZ 11 | 4 | 1,1 | 2×300 | 120 | 60 |
| AZ 12 | 4 | 2,2 | 2×400 | 150 | 60 |
| EYY 13 | 6,3 | 2,5 | 2×400 | 350 | 32 |
| EZ 11 | 6,3 | 0,29 | 2×250 | 60 | 32 |
| EZ 12 | 6,3 | 0,9 | 2×400 | 125 | 32 |
| EZ 80 | 6,3 | 0,6 | 2×300 | 90 | 50 |
| EZ 81 | 6,3 | 1 | 2×300 | 150 | 50 |
| UY 11 | 50 | 0,1 | 250 | 80 | 32 |
| UY 82 | 55 | 0,1 | 220 | 180 | 60 |
| UY 85 | 38 | 0,1 | 220 | 110 | 100 |
| 5 Z 4 | 5 | 2 | 2×350 | 125 | 32 |
| 6 X 5 | 6,3 | 0,6 | 2×325 | 70 | 32 |

*Beispiel*

Es soll eine Gleichspannung von 150 V bei einer Stromentnahme von 30 mA konstantgehalten werden. Die Betriebsspannung beträgt 320 V. Als Stabilisatorröhre wird der Typ *StR 150/40 Z* verwendet, die einen minimalen Querstrom von 10 mA hat, der zur Aufrechterhaltung der Glimmentladung erforderlich ist. Für die Berechnung des Vorwiderstandes muß deshalb ein Querstrom von $I_q = 30\text{ mA} + 10\text{ mA} = 40\text{ mA}$ zugrunde gelegt werden.

$$R_V = \frac{320 - 150}{0{,}04} = \frac{170}{0{,}04} = \frac{17\,000}{4} = 4250\,\Omega\,.$$

Dieser Widerstand muß für eine Belastung von

$$P = I^2 \cdot R = 0{,}04^2 \cdot 4250 = 0{,}0016 \cdot 4250 = 6{,}8\text{ W}$$

bemessen sein.

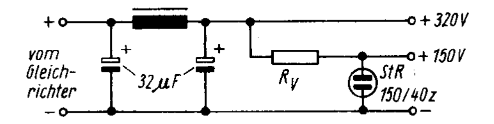



Bild 7.5
Schaltung für die Entnahme einer stabilisierten Gleichspannung

Benötigt man für besondere Zwecke mehrere stabilisierte Gleichspannungen, z. B. in den Intervallen 70, 140, 210 und 280 V, so gibt es Stabilisatorröhren mit 4 Glimmentladungsstrecken (*StR 280/40* und *StR 280/80*). Diese Stabilisatorröhren werden ebenfalls über einen Vorwiderstand betrieben; an den einzelnen Elektroden kann man die stabilisierten Spannungen entnehmen. Wird bei solchen Röhren z. B. die Elektrode + 70 an Masse gelegt, so bekommen wir die stabilisierten Spannungen − 70 V, + 70 V, + 140 V und + 210 V; wir erhalten also für die Speisung eines Steuergitters eine negative Spannung. Parallel können wir zu den Glimmstrecken Potentiometer legen und haben dann regelbare Spannungen von z. B. 0 bis − 70 V, 0 bis + 70 V, 0 bis + 140 V usw. zur Verfügung.

Sind höhere Gleichspannungen zu stabilisieren, so können gleichartige Stabilisatorröhren in Serie geschaltet werden. Eine höhere Stromentnahme läßt sich durch Parallelschalten von Stabilisatorröhren nicht erzielen; dafür muß man eine elektronische Stabilisierung mit Hochvakuum-Elektronenröhren vorsehen.

## 7.5. Kleiner Universalnetzteil

Für den Betrieb von Versuchsschaltungen benötigen wir je nach den verwendeten Elektronenröhren entsprechende Heizspannungen und Anodenspannungen. Deshalb sollte ein betriebsbereiter Stromversorgungsteil zur Verfügung stehen. Der Aufbau auf ein Holzbrett wird nicht empfohlen, da das Gerät schnell verstaubt und vor allem nicht berührungssicher ist. Man baut es daher besser in ein entsprechendes Gehäuse ein. Nachfolgend wird ein kleiner, universell verwendbarer Netzteil beschrieben, der für die Belange des Amateurs ausreicht.

Das Universal-Netzgerät gibt folgende Spannungen ab:

| | |
|---|---|
| Wechselspannung: | 6,3 V/1,3 A |
| | 9,5 V/0,7 A |
| Gleichspannung: | 320 V/50 mA |
| | 150 V/10 mA (stabilisiert) |

Als Netztransformator wird ein handelsüblicher Typ der Firma *G. Neumann*, Creuzburg (Werra), verwendet *(N 85/580617)*. Er hat u. a. eine Heizwicklung mit 9,5 V, so daß auch Röhren wie die *PCF 82* oder *PCC 84* und *PCC 88* (beide über Vorwiderstand) geheizt werden können. Legt man auf diese Heizspannung keinen Wert, so läßt sich auch der Typ *N 85 K* derselben Firma verwenden, bei dem die 6,3-V-Wicklung bis 3,8 A belastbar ist. Bild 7.6 zeigt das Universal-Netzgerät, für das als Gehäuse eine Brotbüchse dient (Außenabmessungen 210 mm × 140 mm × 75 mm). Da in jedem Haushaltwarengeschäft solche Brotbüchsen aus Aluminiumblech zu erhalten sind, entfallen alle Arbeiten zur Herstellung eines Gehäuses. Um das Gehäuse etwas stabiler zu gestalten, erhält es eine aufgesetzte Frontplatte aus 2 mm starkem Alublech (Bild 7.7). Mit 4 Schrauben in den Ecken wird sie am Brotbüchsendeckel befestigt, mit 3 Schrauben außerdem mit dem Chassis verschraubt. Auf diesem Chassis ordnen wir die einzelnen

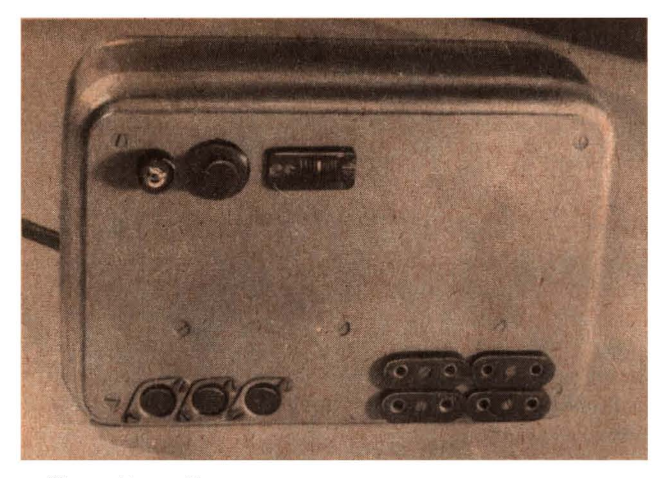


Bild 7.6
Vorderansicht des Universal-Netzgerätes

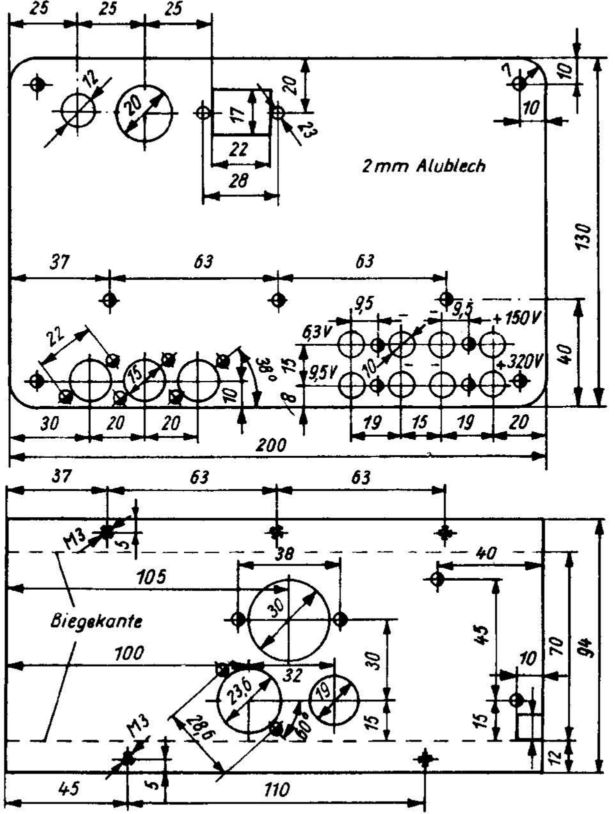



Bild 7.7
Maßskizze und Bohrplan für Frontplatte (oben) und Chassis (unten) des Universal-Netzgerätes
(Bohrungen 3,2 mm)

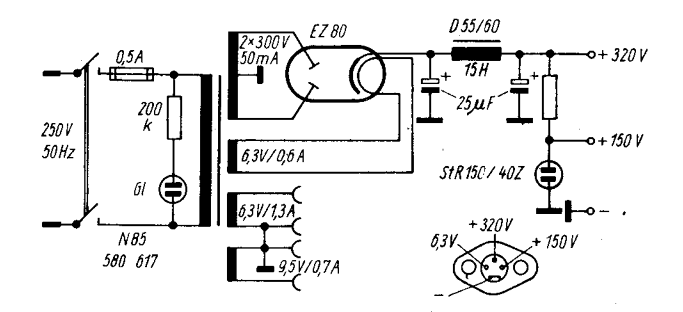



Bild 7.8
Schaltung des Universal-Netzgerätes

elektrischen Bauteile an. Der andere, kleinere Brotbüchsenteil wird mit 2 Schrauben am abgewinkelten Chassis befestigt. Nach Fertigstellung hat das kleine Netzgerät einen stabilen Zusammenhalt und steht sicher auf dem Tisch.
Die Schaltung des Universal-Netzgerätes weist keine Besonderheiten auf (Bild 7.8). Mit einem 2poligen Schiebeschalter erfolgt die Trennung vom Netz. Ein Kippschalter wurde bewußt nicht verwendet, da erfahrungsgemäß der Knebel leicht abbricht. Eine Sicherung (0,5 A) schützt das Gerät bei Überbelastung. Die Glimmlampe Gl zeigt den betriebsbereiten Zustand des Netzteiles an. Zur Strombegrenzung wird vor die Glimmlampe ein Widerstand von 200 kΩ geschaltet. Die Gleichrichtung erfolgt in Zweiwegschaltung mit der Röhre *EZ 80.* Die beiden Enden der Anodenwicklung (2× 300 V) schaltet man an je eine Anode der Röhre *EZ 80*, während die Mittelanzapfung an Masse gelegt wird. Die Heizung der Röhre *EZ 80* erfolgt durch eine 6,3-V-Wicklung, die mit 0,6 A belastbar ist. Die gleichgerichtete Spannung wird an der Katode der *EZ 80* entnommen und zur Siebung über ein *LC*-Glied geführt. Als Siebdrossel fand der Typ *D 55/60* der Firma *Neumann* ($I = 60$ mA, $L = 15$ H, $R = 500\ \Omega$) Verwendung. Für die Elektrolytkondensatoren baut man zur Platzersparnis einen Doppel-Elektrolytkondensator 2×25 µF — 500/550 V ein. Nach der Siebkette kann eine Gleichspannung von etwa 320 V entnommen werden. Über den Vorwiderstand von 10 kΩ wird auch die Stabilisatorröhre *StR 150/40 Z* betrieben, so daß noch eine stabilisierte Gleichspannung von 150 V zur Verfügung steht. Die beiden Gleichspannungen und die beiden Heizspannungen legt man an entsprechende Buchsenpaare, wie sie in Bild 7.6 rechts unten zu erkennen sind. Der Abstand der zusammengehörenden Buchsenpaare beträgt 19 mm. Man verwendet also entsprechende Doppelbuchsen. An diesen Buchsen können die Spannungen zur Stromversorgung von Versuchsschaltungen entnommen werden. Zu beachten ist, daß jeweils ein Ende der Heizspannungen und der Minuspol der Gleichspannungen an Masse liegen.
Um das Gerät noch universeller zu gestalten, enthält der Netzteil 3 weitere Buchsen (in Bild 7.6 links unten). Es handelt sich hierbei um 4polige Flanschsteckdosen, wie sie beim Diodenanschluß für Magnettongeräte in modernen Rundfunkempfängern üblich sind. Eine solche Flanschsteckdose enthält 3 voneinander isolierte Buchsen und einen Masseanschluß. An diese 3 Buchsen werden die beiden Gleichspannungen und die Heizspannung von 6,3 V geführt. Über einen gleichartigen Stecker sowie über ein 4poliges Kabel kann man diese Spannungen entnehmen und als Stromversorgung einem anderen Gerät zuführen. Das kommt z. B. in Frage für

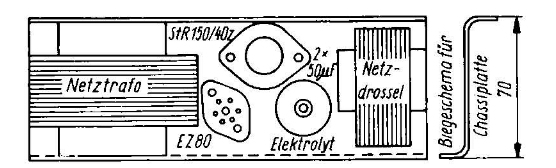



Bild 7.9
Aufbauschema für das Chassis des Universal-Netzgerätes

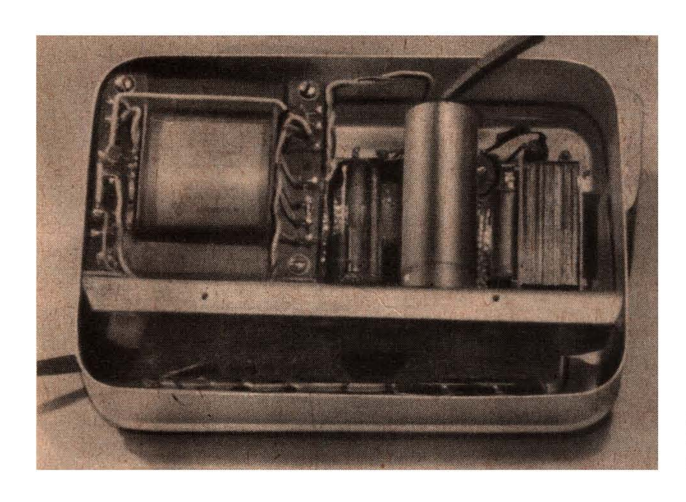


Bild 7.10
Innenaufbau des Universal-Netzgerätes

kleine Meß- und Prüfgeräte. Maximal ist es möglich, auf diese Art alle 3 Geräte an das Universal-Netzgerät anzuschließen. Das anzuschließende Gerät wird also ohne Stromversorgungsteil aufgebaut (s. Abschn. 12.2. Durchgangsprüfer und Abschn. 12.4. Grid-Dip-Meter). Diese beiden Geräte können über ein 3adriges Kabel und einen Flanschstecker an das Netzgerät angeschlossen werden.

Den Aufbau der elektrischen Bauteile auf dem Chassis zeigt Bild 7.9, während aus Bild 7.10 der Innenaufbau des Universal-Netzgerätes ersichtlich ist.

*Stückliste*

1 Netztransformator *N 85 580617 (G. Neumann)*
1 Netzdrossel *D 55/60 (G. Neumann)*
1 Zwergglimmlampe 220 V mit Fassung
1 Feinsicherung 0,5 A mit Schraubfassung
1 Schiebe-Netzschalter, 2polig
1 Doppel-Elektrolytkondensator 2×25 µF (500/550 V)
1 Röhre *EZ 80*
1 Stabilisatorröhre *StR 150/40 Z* bzw. *GR 22-70*
4 Doppelbuchsen
3 Flanschsteckdosen, 4polig
1 Widerstand 200 kΩ/0,25 W
1 Widerstand 10 kΩ/10 W

## 7.6. Großes Stromversorgungsgerät

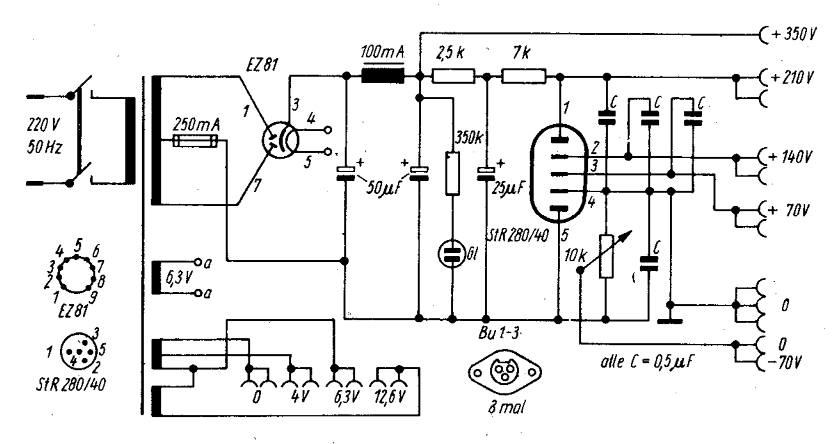
Dieses universelle Stromversorgungsgerät ist zum Betrieb von Versuchsschaltungen geeignet und daher für den Nachbau besonders zu empfehlen. Es kann für die vielfältigsten Zwecke eingesetzt werden. So können u. a.

Meßgeräte aus diesem Gerät ihre Stromversorgung erhalten. Das Stromversorgungsgerät gibt mehrere Heizspannungen ab, eine unstabilisierte Gleichspannung von etwa 350 V und mehrere stabilisierte Gleichspannungen. Ausschlaggebend für die Größe der abgegebenen Spannungen und Ströme ist der Netztransformator. Benutzt wurde der Typ *N 102/U* der Firma *G. Neumann*. Es lassen sich aber auch andere ähnliche Transformatoren verwenden. Zu beachten ist, daß der Netztransformator die üblichen Heizspannungen von 4 V, 6,3 V und 12,6 V (bzw. 2 × 6,3 V in Reihe geschaltet) aufweist. Für die Gleichspannungen soll eine Wicklung von 2 × 300 bis 2 × 350 V vorhanden sein, die etwa mit 100 mA belastet werden kann.

Das Stromversorgungsgerät arbeitet in Zweiweg-Gleichrichterschaltung mit der Röhre *EZ 81*. Falls keine besondere Heizwicklung für die Gleichrichterröhre auf dem Netztransformator vorhanden ist, kann man den Heizfaden der Röhre mit an die 6,3-V-Wicklung legen, die an die Buchsen geführt wird. Durch eine reichliche Siebung tritt geringe Brummspannung auf. Das Absichern des Netztransformators erfolgt in der Minusleitung der Gleichspannung mit einer Feinsicherung von 250 mA. Man sollte möglichst auch die Primärseite des Netztransformators absichern (etwa 2 A). Das Abschalten vom Stromnetz erfolgt durch einen 2poligen Kippschalter.

Nach der Siebkette kann eine Gleichspannung von etwa 350 V entnommen werden, die in ihrer Größe belastungsabhängig ist. Eine Glimmlampe zeigt die Betriebsbereitschaft des Stromversorgungsgerätes an, sobald sich die Gleichspannung aufgebaut hat. Diese Spannung von 350 V kann an der Chassisrückseite an einer Doppelbuchse 2polig entnommen werden. Alle anderen Spannungen sind an der Vorderseite an den dort befindlichen Buchsen doppelt entnehmbar, links die Heizspannungen, rechts die stabilisierten Gleichspannungen. Für die Stabilisierung wurde ein Mehrstrecken-Stabilisator *StR 280/40* verwendet, dem man 4 Spannungen in Intervallen von je 70 V entnehmen kann. Das Anschalten an die Gleichspannung erfolgt über einen Vorwiderstand, der den Strom durch den Stabilisator auf maximal 40 mA begrenzt. Dazu legt man in die Minusleitung des Stabilisators einen Strommesser und stellt den Vorwiderstand 2,5 kΩ (Drahtwiderstand mit verschiebbarer Schelle)

Bild 7.11
Schaltung des großen Stromversorgungsgerätes



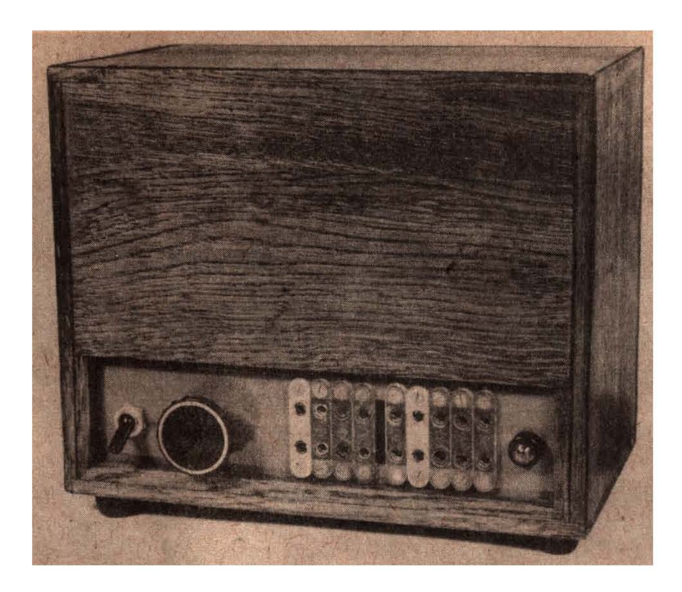


Bild 7.12
Ansicht des Stromversorgungsgerätes im Holzgehäuse

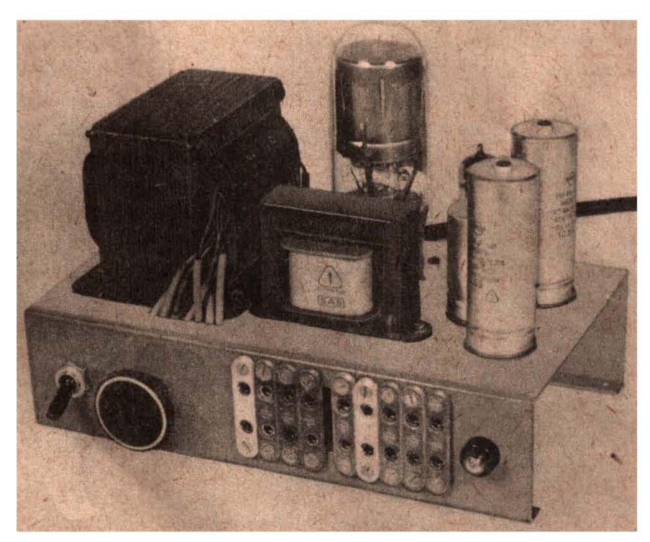


Bild 7.13
Chassisansicht des großen Stromversorgungsgerätes

auf die angegebene Stromstärke ein. Wird die vorletzte Elektrode als Nullpotential für die stabilisierten Gleichspannungen verwendet, dann erhält man an der letzten Glimmstrecke eine umgekehrt gepolte Gleichspannung von — 70 V. Diese negative Spannung wird als Gittervorspannung oder Speisespannung für Transistorschaltungen verwendet. Da hierbei die Belastungen gering sind, kann man durch ein als Spannungsteiler ge-

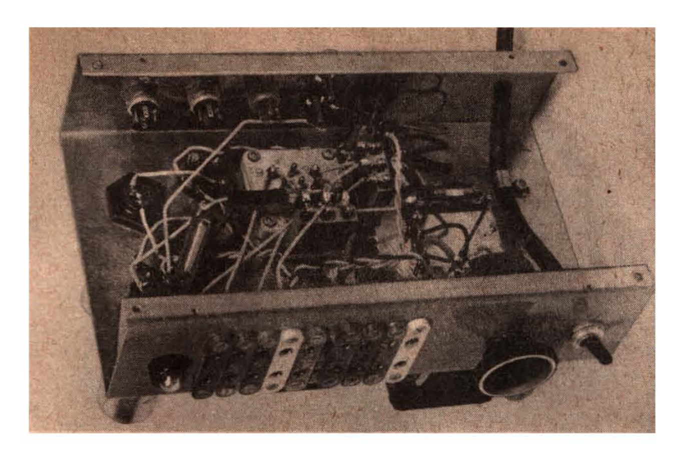


Bild 7.14
Unterhalb des Chassis ist die Verdrahtung zu erkennen

schaltetes Potentiometer diese negative Spannung regelbar ausführen. Die stabilisierten Gleichspannungen sind mit etwa 30 mA belastbar.
Bild 7.11 zeigt die Schaltung des Stromversorgungsgerätes. Zu beachten ist, daß die Elektrolytkondensatoren isoliert vom Chassis aufgebaut werden müssen. Das Chassis selbst stellt man aus 2 mm starkem Alublech her. Die Chassisfläche beträgt etwa 250 mm × 150 mm, die Chassishöhe etwa 60 mm; dadurch lassen sich alle Bauteile gut unterbringen. Der Einbau kann in ein Holzgehäuse erfolgen. Es muß unten einen entsprechenden Ausschnitt an der Frontseite erhalten, damit die Chassisfrontseite zugänglich ist. Wie das Gerät im Endzustand aussieht, lassen Bild 7.12 bis Bild 7.14, erkennen. Die Maßskizzen für das Gehäuse und das Chassis zeigen Bild 7.15 und Bild 7.16.

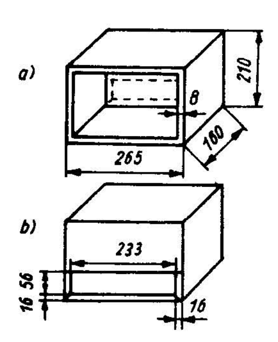



Bild 7.15
Maßskizze für das Gehäuse aus 8 mm bis 10 mm starkem Holz

Zu den Bauteilen wurde schon einiges gesagt. Die Elektrolytkondensatoren sollen für eine Betriebsspannung von 500 V ausgelegt sein. Für die Siebdrossel genügt eine Ausführung für 80 bis 100 mA. Das Potentiometer soll möglichst eine Drahtausführung sein. Der Ohmwert ist nicht kritisch, er kann zwischen 5 und 25 kΩ liegen. Will man eine Versuchsschaltung mit diesem Stromversorgungsgerät betreiben, so können die notwendigen Spannungen an den vorn befindlichen Buchsen entnommen werden. Die Verteilung auf der Vorderseite des Chassis ist folgende: Links befindet sich der Netzschalter, dann folgt der Regler für die negative Gleichspannung und ganz rechts die Glimmlampe. Die Doppelbuchsen sind so angeordnet: links die Buchsen für die Heizspannungen (0 – 4 – 6,3 und 12,6 V), rechts die Buchsen für die stabilisierten Gleichspannungen (– 70 V; 0; + 70 V; + 140 V; + 210 V). Die Doppelbuchsen sind jeweils parallelgeschaltet. Auf der Rückseite des

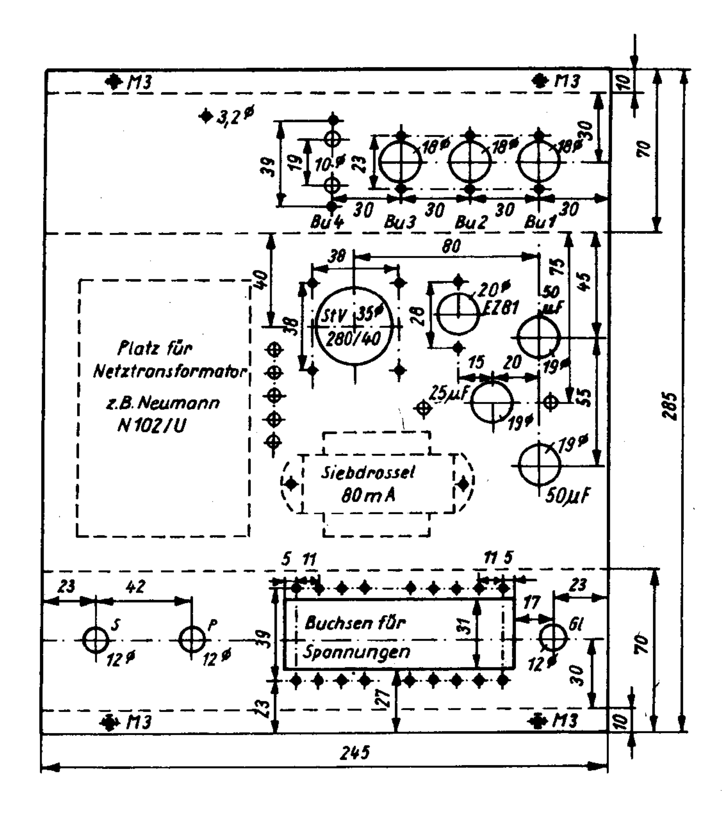



Bild 7.16
Maßskizze des Chassis mit Angabe der Befestigungslöcher, Durchführungen und Biegekanten. Die Breite des Buchsenausschnittes beträgt 100 mm

Chassis befinden sich noch 3 Mehrfachbuchsen (Diodenbuchsen), an die Geräte zur Stromentnahme angeschlossen werden können.

*Stückliste*

1 Netztransformator *N 102/U (G. Neumann)*
1 Siebdrossel 150 mA *(G. Neumann)*
1 Röhre *EZ 81*
1 Stabilisator *StR 280/40*
2 Elektrolytkondensatoren 50 µF/500 V
1 Elektrolytkondensator 25 µF/250 V
1 Drahtpotentiometer 10 kΩ
2 Blockkondensatoren 2×0,5 µF/250 V
1 Glimmlampe mit Fassung
3 Steckerbuchsen, 3polig
10 Doppelbuchsen
1 Röhrenfassung, 9polig
1 Röhrenfassung, 5polig
1 Widerstand 350 kΩ/0,5 W
1 Drahtwiderstand 2,5 kΩ/15 W
1 Drahtwiderstand 1 kΩ/6 W
1 Drehknopf
1 Netzstecker
1 Netzkabel, 2adrig, 1,5 m lang
Schaltdraht
1 Kippschalter, 2polig
1 Feinsicherung 250 mA
1 Sicherungsbrettchen

## 7.7. Stromversorgung mit Batterien

Will man Geräte im Gelände verwenden, so muß man eine Stromversorgung durch Batterien vorsehen, da nur in den seltensten Fällen ein Anschluß an das Stromnetz möglich ist. Außerdem sollen transportable Geräte ja ein möglichst geringes Gewicht aufweisen, da auch der Transport eine Rolle spielt. Für solche Fälle ist die Transistortechnik besonders gut geeignet, weil man leicht und klein bauen kann.

Speziell für transportablen Betrieb wurden die Batterieröhren der Miniatur- und der Subminiaturröhrenreihe entwickelt, die viele Elektronikamateure noch zur Verfügung haben.

Diese Röhren sind bezüglich des Stromverbrauchs besonders sparsam ausgelegt. Die Heizspannung beträgt 1,4 bzw. 1,2 V, der Heizstrom liegt zwischen 25 und 50 mA. Zur Heizung verwendet man Monozellen, die eine Spannung von 1,5 V abgeben. Zweckmäßig ist es, in einem Gerät alle Heizfäden parallelzuschalten. Je nach der Anzahl der Batterieröhren und der geforderten Betriebsdauer wird man 1 oder 2 Monozellen verwenden.

Für die Anoden- und die Schirmgitterspannung eignet sich eine Anodenbatterie von z. B. 67,5 V, die mit verhältnismäßig kleinen Abmessungen geliefert wird. Damit ist eigentlich die Stromversorgung für ein mit Batterieröhren bestücktes Gerät schon komplett. Bei Anwendung eines transistorisierten Gleichspannungswandlers kann die Anodenbatterie entfallen. Zu klären wäre noch die Erzeugung der Gittervorspannung. Da die Batterieröhren eine direkt geheizte Katode haben, also Heizfaden und Katode direkt miteinander verbunden sind, kommt die Anwendung eines kapazitiv überbrückten Katodenwiderstandes nicht in Frage. Man nutzt deshalb in der Minusleitung mittels eines Widerstandes den Spannungsabfall durch den Gesamtanodenstrom aus. Näheres dazu bei den angegebenen Batterieschaltungen (Abschn. 8.1.).

Über die Stromversorgung von Transistorschaltungen, die in den weitaus meisten Fällen durch Batterien erfolgt, wurde bereits in Abschnitt 4.6. einiges gesagt. Weitere Hinweise findet der Leser in Abschnitt 17.

# 8. Empfänger für Kurz–Mittel–Lang

## 8.1. Batterie-1-Kreis-Empfänger

Da es heute schon schwierig ist, Schaltungen für Batterieröhren zu erhalten, viele Elektronikamateure diese Röhren aber noch besitzen, entschloß sich der Autor, nachfolgende Schaltung im Buch zu belassen, ebenso die Superhetschaltung in Abschnitt 8.6.

Dieser einfache Kofferempfänger ist besonders zum Nachbau durch den Anfänger geeignet. Die Schaltung stellt eine rückgekoppelte Audionstufe mit einer nachfolgenden Lautsprecherstufe dar. Verwendet wurden die Röhren *DF 96* und *DL 96*, die einen sparsamen Stromverbrauch garantieren. Die Schaltung ist sehr unkompliziert gehalten, damit der Anfänger nicht gleich vor zu vielen Schwierigkeiten steht. Das Gerät wurde im Berliner Raum ausprobiert und brachte eine befriedigende Wiedergabe der Ortssender. Natürlich kann von einer derartig einfachen Schaltung nicht zuviel verlangt werden; aber für den Anfänger ist diese Schaltung zum Kennenlernen der Zusammenhänge besonders günstig. Das Gerät wurde jedoch so konstruiert, daß man es bei Verwendung der entsprechenden zusätzlichen Bauteile später auch zu einer Superhetschaltung umbauen kann, die wesentlich bessere Ergebnisse bringt.

Bild 8.1 zeigt die Vorderansicht des beschriebenen Kofferempfängers. Hinter den Schlitzen ist der Lautsprecher angeordnet. Rechts oben befindet sich eine Skalenscheibe aus Piacryl, mit der die Senderabstimmung vorgenommen wird. Darunter ist der Drehknopf für die Rückkopplung. Auf dem Gehäuserahmen sind die Gitterkreisspule und die Rückkopplungsspule als Rahmenantenne angebracht. Das Holzgehäuse wurde aus Sperrholz gefertigt (Rahmen und Frontplatte 4-mm-, Rückseite mit 2-mm-Sperrholz). Frontplatte und Rückwand sind von außen auf den Rahmen aufgesetzt. Bild 8.2 zeigt die Rückansicht des Gerätes. In den Ecken sind die Vierkanthölzer zu erkennen, mit denen der Rahmen verleimt wurde. Es empfiehlt sich dabei, die Rahmenplatten an den Leimstellen auf 45° abzufeilen.

Nach Anbringen der Rahmenantenne wird der Rahmen mit Kunstleder bespannt. Frontplatte und Rückwand bestreicht man mehrmals mit Fahrradlack, bis sie ein glattes, gefälliges Aussehen haben. In Bild 8.2 erkennt man links oben die Chassisplatte mit dem Drehkondensator und den Röhren. Rechts daneben ist der Lautsprecher angeordnet. Darunter befinden sich von rechts nach links der Ausgangstransformator, die Anodenbatterie und die 2 Monozellen für die Röhrenheizung. Vor den Monozellen liegt der Ausschalter. Dafür wurde ein Schiebeschalter verwendet, der an der Rückwand befestigt ist.

Bild 8.3 zeigt die Schaltung des Kofferempfängers. Der Schwingkreis wird mit dem Drehkondensator von 500 pF abgestimmt. Es wurde im Hinblick auf den späteren Ausbau des Empfängers ein Miniaturtyp in Zweigangausführung 2 × 500 pF der *OHG Elek-*

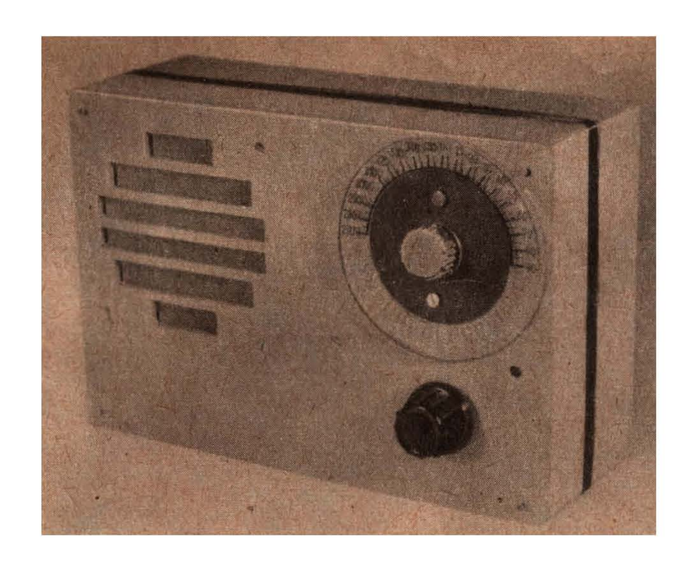


Bild 8.1
Vorderansicht des Batterie-1-Kreis-Empfängers

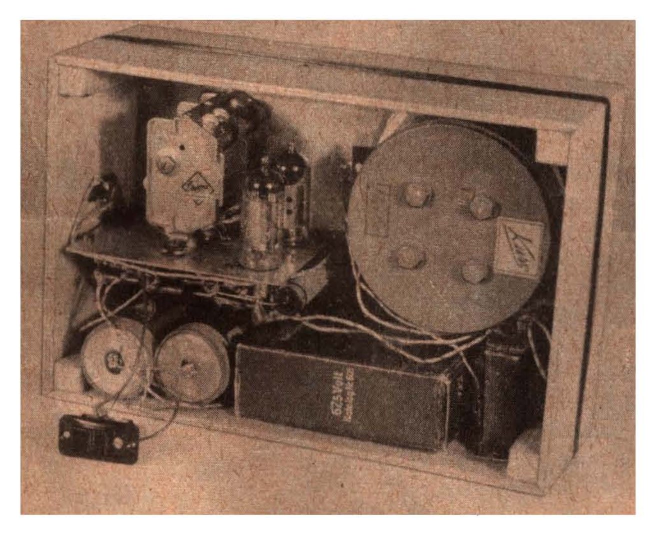


Bild 8.2
Rückansicht des Batterie-1-Kreis-Empfängers

*tro*, Schalkau/Thür., verwendet, bei dem in dieser Schaltung nur ein Plattenpaket angeschlossen wird. Die Rückkopplung regelt der Drehkondensator von 250 pF, für den man einen normalen Hartpapier-Drehkondensator benutzt. Bei den angegebenen Gehäuseabmessungen (Bild 8.4) hat die Schwingkreisspule 17 Wdg., die Rückkopplungsspule 6 Wdg. Verwendet wird Hochfrequenzlitze. Beide Wicklungen sind nebeneinander angeordnet. Die Audionröhre richtet die Hochfrequenz gleich, und über den Kondensator von 10 nF gelangt die entstandene verstärkte Niederfrequenz zum

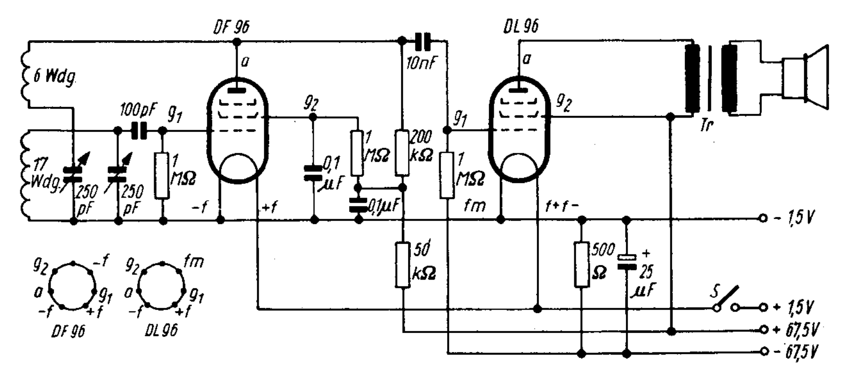



Bild 8.3
Schaltung des Batterie-1-Kreis-Empfängers

Steuergitter der Lautsprecherröhre *DL 96*. Zwischen Anode und Schirmgitter der *DL 96* liegt der Ausgangstransformator Tr, an den der Lautsprecher angeschlossen ist. Verwendet wurde ein 1-W-Lautsprecher. Der Lautsprecher hat einen Durchmesser von 85 mm. Ein kleinerer Lautsprecher empfiehlt sich nicht, da dann der Wirkungsgrad zu gering ist. Die Primärimpedanz des Ausgangstransformators beträgt etwa 10 bis 13 kΩ, während die Sekundärseite mit dem Lautsprecherwiderstand übereinstimmen muß. Die Gittervorspannung für die Lautsprecherröhre wird durch den Widerstand von 500 Ω erzeugt. Alle Bauteile sind handelsüblich und können durch den Fachhandel bezogen werden.

Als Batterien finden 1 67,5-V-Anodenbatterie und 2 parallelgeschaltete 1,5-V-Monozellen Verwendung. Während man die Anodenbatterie durch Druckknöpfe anschließt, sind die Monozellen einzulöten. Bei genügend handwerklichem Geschick kann man für die Monozellen auch eine Klemmvorrichtung vorsehen. Dazu wird zweckmäßig der Platz mit der Anodenbatterie ausgetauscht.

Bild 8.5 gibt die Maße für die Chassisplatte des kleinen Kofferempfängers an. Zur Befestigung der einzelnen Bauelemente dient eine kleine Lötleiste, an die auch die Batterien angeschlossen werden.

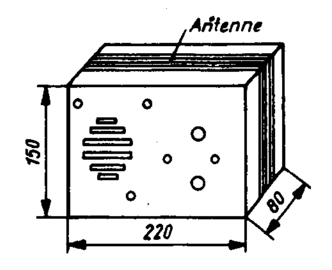



Bild 8.4
Maßskizze für das Gehäuse des Batterie-1-Kreis-Empfängers

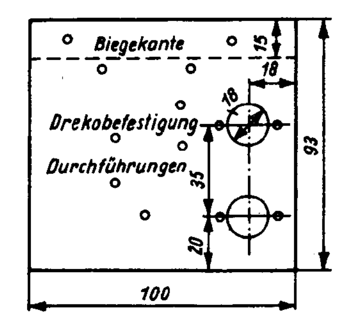
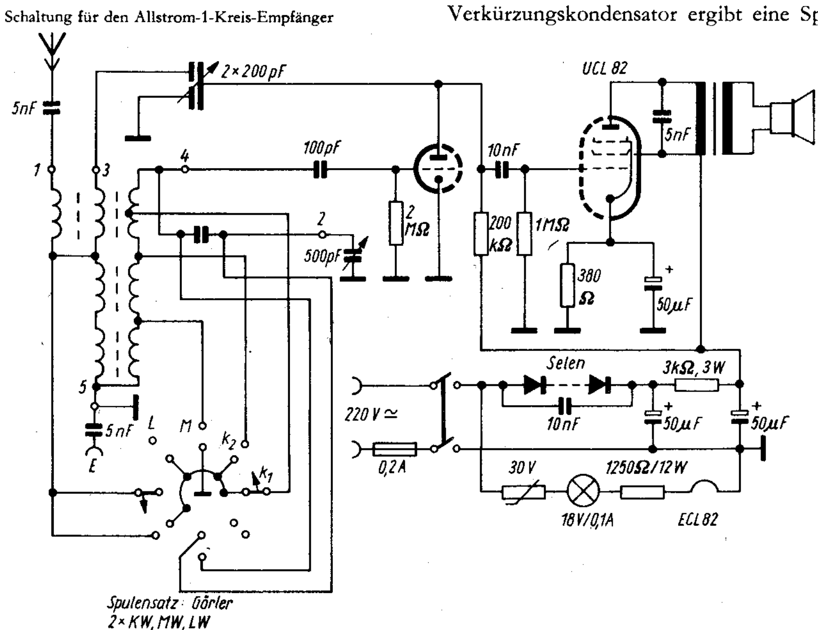



Bild 8.5
Maßskizze für das Chassis des Batterie-1-Kreis-Empfängers

*Stückliste*

3 Widerstände, 1 MΩ/0,25 W
1 Widerstand, 200 kΩ/0,25 W
1 Widerstand, 50 kΩ/0,25 W
1 Widerstand, 500 Ω/0,5 W
1 Kondensator, 100 pF/250 V
1 Kondensator, 10 nF/250 V
2 Kondensatoren, 0,1 μF/250 V
1 Elektrolytkondensator, 25 μF/6 V
1 Hartpapierdrehkondensator, 250 pF
1 Zweigangdrehkondensator, 2 × 500 pF
1 Lautsprecher, 1 W/15 Ω
1 Ausgangstransformator, 10 kΩ/15 Ω
1 Anodenbatterie 67,5 V
2 Monozellen, 1,5 V
1 Schiebeschalter, 1polig
1 Röhre *DF 96*
1 Röhre *DL 96*

Bild 8.6
Schaltung für den Allstrom-1-Kreis-Empfänger




## 8.2. Allstrom-1-Kreis-Empfänger

Mit nur einer Elektronenröhre ist der nachfolgend beschriebene Allstrom-1-Kreis-Empfänger bestückt. Die verwendete Röhre *UCL 82* hat ein Triodensystem zur Vorverstärkung und ein Pentodensystem als Endverstärker. Das Triodensystem wird als Audion geschaltet und dient damit zur Demodulation der empfangenen modulierten Hochfrequenzspannung. Diese Demodulation erfolgt zwischen Katode und Gitter der Audionröhre, ähnlich wie bei einer Diode. Zwischen Gitter und Anode wird dann die Niederfrequenzspannung verstärkt. Das Pentodensystem arbeitet als *RC*-gekoppelter Endverstärker.

Als Spulensatz wird der 1-Kreis-Spulensatz *ES 2* der *Hochfrequenz-Werkstätten* Meuselwitz verwendet (Bild 8.6). Dieser Spulensatz hat neben dem Lang- und Mittelwellenbereich 2 Kurzwellenbereiche (I 12 m bis 26 m und II 22 m bis 52 m). Der eingebaute Verkürzungskondensator ergibt eine Sprei-

zung der beiden KW-Bereiche, die eine fühlbare Erleichterung bei der Einstellung in diesen Wellengebieten darstellt. Durch die kleinere Variation wurden aber vor allem die Rückkopplungsverhältnisse günstiger gestaltet, so daß daraus eine wesentlich höhere Empfindlichkeit resultiert. Die Antennenkopplung ist niederinduktiv. Zwischen Antennenbuchse und Spulensatz sowie zwischen Erdbuchse und Spulensatz wird je ein Schutzkondensator von 5 nF geschaltet. Das ist bei Allstromgeräten notwendig, weil ein Netzpol mit dem Chassis in Verbindung steht. Der 1-Kreis-Spulensatz der Firma *Hochfrequenz-Werkstätten* Meuselwitz wird nicht mehr gefertigt, ebenso der verwendete 1-Kreis-Audion-Spulensatz *Sp 122* der Firma *G. Neumann* KG. Wie dieser Spulensatz angeschlossen wird, zeigt Bild 8.8. Aber der Selbstbau eines Spulensatzes ist möglich (s. Abschn. 5. und Abschn. 8.9.). Das Eingangssignal gelangt von der Antenne induktiv an den Gitterschwingkreis, der mit einem normalen Drehkondensator von 500 pF abgestimmt wird. Über einen Kondensator von 100 pF liegt die Eingangsspannung am Steuergitter der Triode. Als Gitterableitwiderstand dient der Widerstand von 2 MΩ. Im Anodenkreis fällt am Arbeitswiderstand von 200 kΩ die verstärkte NF-Spannung ab, die über 10 nF dem Steuergitter des Pentodensystems zugeführt wird. Im Anodenkreis der Triode nutzt man die noch vorhandene restliche HF-Spannung zur Rückkopplung aus. Zu diesem Zweck wird die restliche HF-Spannung über den Differential-Hartpapierdrehkondensator von 2×200 pF der Rückkopplungsspule zugeführt. Die Rückkopplung verbessert die Empfindlichkeit und Trennschärfe dieses kleinen Gerätes wesentlich.

Da die Röhre *UCL 82* getrennte Katoden hat, wird die Gittervorspannung für das Pentodensystem durch eine Katodenkombination erzeugt (380 Ω/50 µF). Im Anoden-

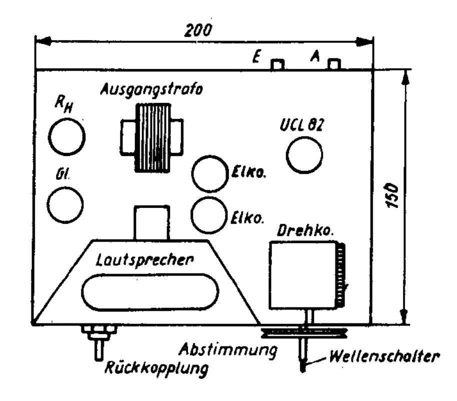



Bild 8.7
Aufbauschema für das Chassis des Allstrom-1-Kreis-Empfängers

kreis der Pentode liegt der Ausgangstransformator, der bei dieser Röhre eine Primärimpedanz von 5,6 kΩ haben soll. Als Lautsprecher empfiehlt sich ein permanentdynamisches System mit einer Belastbarkeit von etwa 3 VA.

Die Stromversorgung erfolgt in Allstromschaltung. Im Heizkreis liegt ein Heißleiter (30 V/0,1 A) zur Strombegrenzung beim Einschalten, eine Skalenlampe (18 V/0,1 A), der Heizwiderstand und der Heizfaden der Röhre *ECL 82*. Die Gleichrichtung erfolgt durch einen Selengleichrichter, dem zur Unterdrückung eines abstimmbaren Modulationsbrummens ein Kondensator von 10 nF parallelgeschaltet ist. Die Siebung der gleichgerichteten Wechselspannung erfolgt durch eine *RC*-Siebkette, bestehend aus 2 Elektrolytkondensatoren von 50 µF (350/385 V) und dem Siebwiderstand von 3 kΩ. Für den Aufbau dieses Gerätes wird ein vorn und hinten abgebogenes Chassis aus 2 mm starkem Alublech verwendet. Ein Aufbaubeispiel zeigt Bild 8.7, aus dem die Anordnung der einzelnen Bauteile hervorgeht. Beim Einbau in ein geeignetes Gehäuse ist darauf zu

achten, daß das Chassis berührungssicher untergebracht wird. Das trifft auch für die Madenschrauben der Drehknöpfe zu, die entsprechend abzudecken sind. Denn wenn die Netzphase auf dem Chassis liegt, besteht die Gefahr, daß man einen elektrischen Schlag erhält.

Eine Klangkorrektur ist nicht vorgesehen, lediglich zur Höhenbeschneidung liegt parallel zur Primärspule des Ausgangstransformators ein Kondensator von 5 nF. Soll eine zusätzliche Lautstärkeregelung neben der Rückkopplungsregelung durchgeführt werden, so muß man den Gitterableitwiderstand von 1 MΩ des Pentodensystems durch ein gleichwertiges Potentiometer mit logarithmischer Kennlinie ersetzen.

*Stückliste*

1 Drehkondensator (Luft) 500 pF
1 Differential-Hartpapierkondensator 2 × 200 pF
1 Spulensatz *ES 2* (*HFW*, Meuselwitz)
1 Röhre *UCL 82*
1 Selengleichrichter 250 V/60 mA
2 Elektrolytkondensatoren 50 μF (350/385 V)
1 Elektrolytkondensator 50 μF (30/55 V)
1 Ausgangstransformator (primär 5,6 kΩ)
1 Lautsprecher 3 VA
1 Heißleiter 30 V/0,1 A
1 Kondensator 100 pF/250 V
3 Kondensatoren 5 nF/500 V
2 Kondensatoren 10 nF/250 V
1 Widerstand 2 MΩ/0,25 W
1 Widerstand 1 MΩ/0,25 W
1 Widerstand 200 kΩ/0,5 W
1 Widerstand 1250 Ω/12 W
1 Widerstand 3 kΩ/3 W
1 Widerstand 380 Ω/1 W
1 Skalenlampe 18/0,1 A, mit Fassung
1 Feinsicherung 0,2 A, mit Fassung

## 8.3. Wechselstrom-1-Kreis-Empfänger

Für den Anfänger ist die Schaltung eines 1-Kreis-Geradeausempfängers besonders gut geeignet, um in die Geheimnisse der Funktechnik und des Selbstbaues von Funkgeräten einzudringen (Bild 8.8). Derartige Schaltungen sind einfach zu überblicken, nicht besonders kompliziert in Aufbau sowie Abgleich und liefern dennoch gute Empfangsergebnisse, wenn eine einigermaßen brauchbare Hochantenne zur Verfügung steht. Das Herz der Schaltung bildet der *Neumann*-1-Kreis-Spulensatz *Sp 122* mit den Wellenbereichen: Kurzwelle I (15,5 bis 25 m), Kurzwelle II (25 bis 60 m), Mittelwelle (185 bis 590 m) und Langwelle (750 bis 2000 m), der heute nicht mehr produziert wird. Mit den Angaben in Abschnitt 5. und Abschnitt 8.9. kann aber der Spulensatz auch selbst angefertigt werden. In der 5. Schaltstellung liegt der Tonabnehmereingang über *C* 6 am Lautstärkeregler P 1. Der Rückkopplungsdrehkondensator *C* 3 ist ein Differential-Drehkondensator aus Hartpapier. Von der Antennenbuchse gelangt die HF-Energie über *C* 1 an den Spulensatz. Die Senderauswahl wird mit dem Drehkondensator *C* 5, einem handelsüblichen Luft-Drehkondensator, vorgenommen. In der Audionröhre *EF 80* erfolgt die Gleichrichtung, d. h. Trennung von HF-Träger und NF-Modulation. Die Niederfrequenz passiert das Filter *F 21*, das etwaige HF-Störreste unterdrückt. Über *C* 9 gelangt die NF an den Lautstärkeregler P 1 und von dort über *C* 10 an das Steuergitter der NF-Vorverstärkerröhre *EC 92*. Die Gittervorspannung erzeugt der Anlaufstrom an dem sehr hohen Gitterableitwiderstand *R* 5 dieser Röhre. Die verstärkte NF-Spannung wird am Außenwiderstand *R* 6 abgenommen und liegt über dem Kondensator *C* 12 am Gitter der Endröhre *EL 84*. Diese Röhre arbeitet

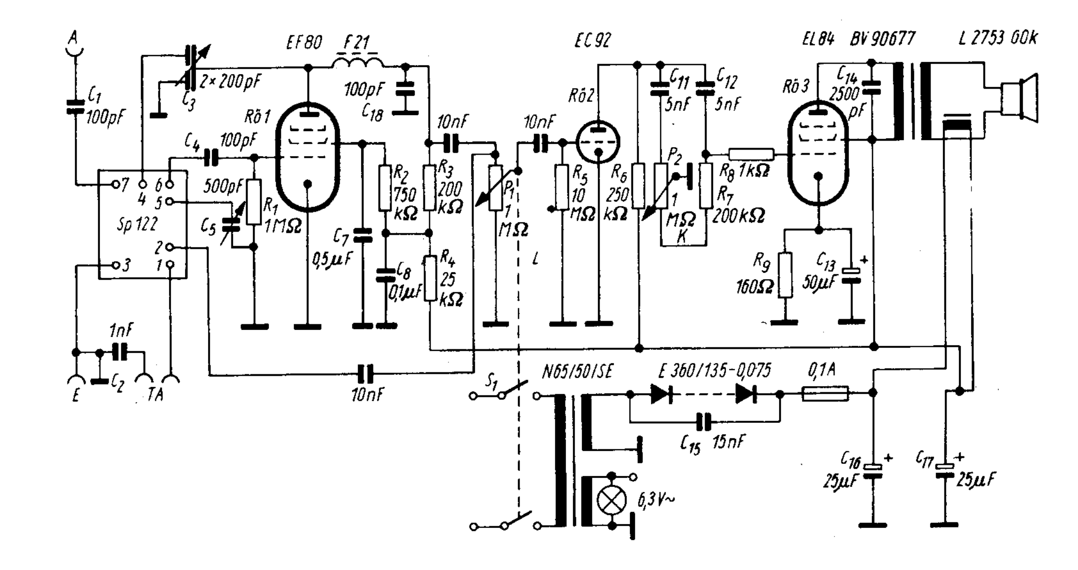



Bild 8.8
Schaltung für den Wechselstrom-1-Kreis-Empfänger

als Leistungsverstärker und speist über den Ausgangsübertrager den Lautsprecher. Die Gittervorspannung wird durch die Katodenkombination *R* 9/*C* 13 erzeugt.

Eine Klangregelung bewirkt das regelbare *RC*-Glied *C* 11/P 2. Liegt der Schleifer des Potentiometers P 2 am oberen Ende, dann erfolgt eine Höhenbeschneidung infolge des an Masse liegenden Kondensators *C* 11. Der Gitterableitwiderstand beträgt in diesem Fall 1,2 MΩ. Wird P 2 nach der anderen Seite geregelt, so ist der Kurzschluß für die Höhen aufgehoben, dafür aber der Gitterableitwiderstand verkleinert, bis er in Endstellung nur noch 200 kΩ beträgt. Dadurch verlagert sich die untere Grenzfrequenz nach höheren Frequenzen hin.

Das Gerät wurde für Wechselstrom 220 V/50 Hz ausgelegt. Die Gleichspannung gewinnt man durch Einweg-Gleichrichtung. Der Kondensator *C* 15 dient zur Unterdrückung abstimmbaren Netzbrummens. Durch eine Sicherung 0,1 A wurde die Gleichspannung abgesichert. Die Erregerspule des Lautsprechers bildet mit den Elektrolytkondensatoren *C* 16 und *C* 17 eine Siebkette zur Glättung der Gleichspannung. Verwendet man an Stelle des elektrodynamischen Lautsprechers ein permanentdynamisches Chassis, so muß statt der Erregerspule eine Netzdrossel (z. B. *Neumann D 55/60*) eingesetzt werden. Neben dem angegebenen Netztransformator ist jeder andere brauchbar, der eine Anodenwicklung von etwa 250 bis 300 V/60 mA und eine Heizwicklung 6,3 V/1,5 A hat.

Auch andere Röhren können benutzt werden, so *6 SJ 7*, *6 J 5* und *6 V 6* bzw. *EF 12*, *EF 12* (als Triode) und *EL 11*. Der Außenwiderstand der Röhre *EL 84* beträgt 5,5 kΩ. Bei anderen Lautsprechern und Röhren ist darauf zu achten, daß ein geeigneter Ausgangsübertrager genommen wird. Die Primärimpedanz muß mit dem Ausgangswiderstand der Röhre übereinstimmen, während die Sekundärimpedanz der Impedanz der

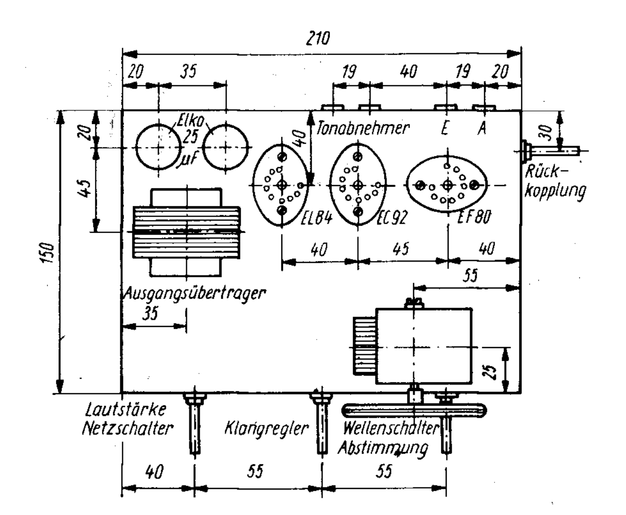



Bild 8.9
Aufbauschema für das Chassis des Wechselstrom-1-Kreis-Empfängers

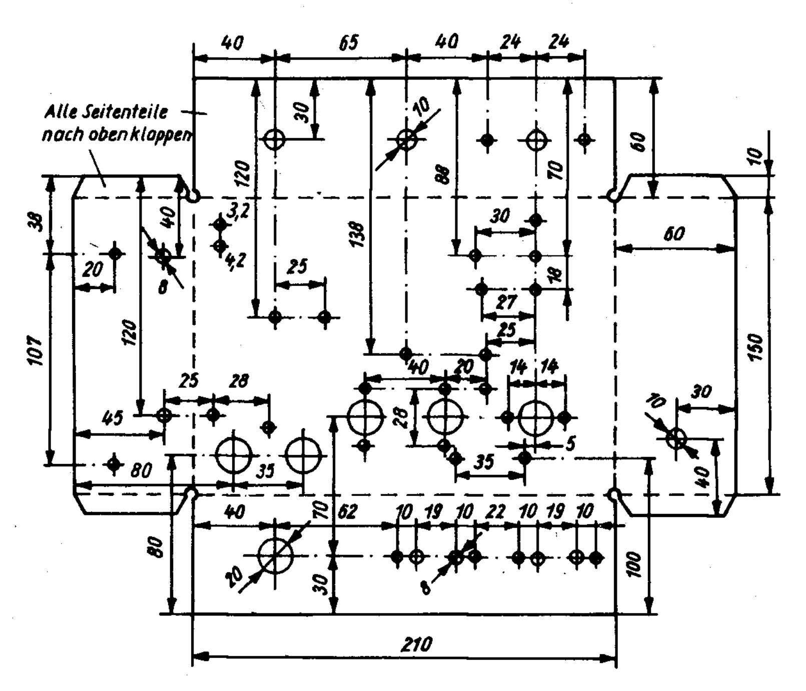



Bild 8.10
Maßskizze für die Abmessungen und die Bohrungen des Chassis

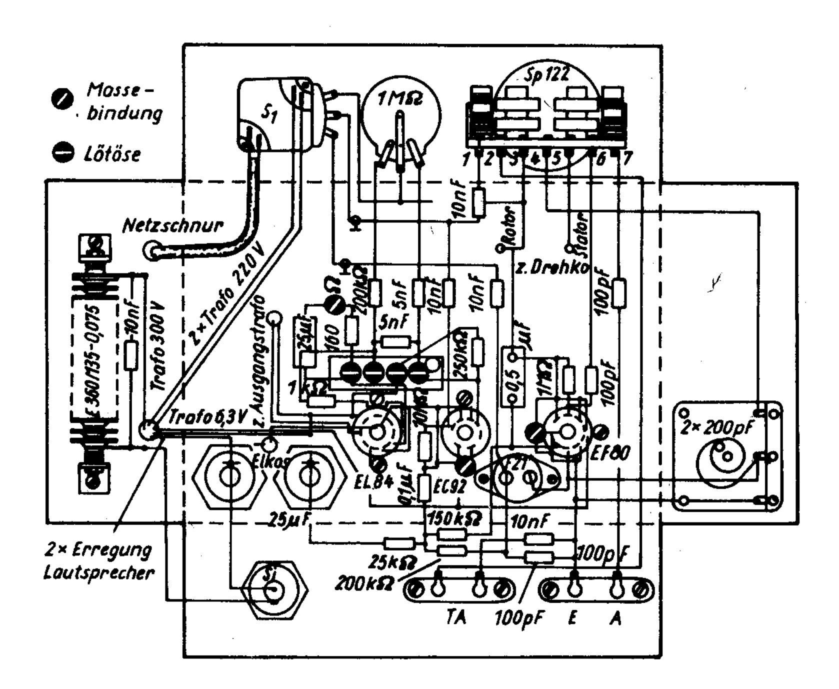



Bild 8.11
Verdrahtungsplan für den Wechselstrom-1-Kreis-Empfänger

Schwingspule des Lautsprechers entsprechen muß.
Der Bau des Chassis ist nicht schwierig, wenn der Aufbauplan (Bild 8.9) und der Bohrplan (Bild 8.10) benutzt werden. Verwendet man andere Teile, so muß man das entsprechend berücksichtigen. Zum Chassisbau wird 1-mm-Eisenblech oder 2-mm-Alublech verwendet. Trockengleichrichter, Ausgangsübertrager und Drehkondensator befestigt man mit kleinen Winkeln. Ist das Gerät fertiggestellt, wird ein geeignetes Gehäuse entworfen und gebaut. Der Lautsprecher sitzt neben dem Drehkondensator und vor dem Ausgangsübertrager, während man den Netztransformator neben dem Chassis anordnet.

Die Verdrahtung des Gerätes ersieht der Ungeübte dem beigefügten Verdrahtungsplan (Bild 8.11). Vor dem Röhrensockel der Röhre *EL 84* wird eine 4polige Lötösenleiste angeordnet, die einigen Bauelementen den notwendigen Halt gibt. Abzuschirmen sind lediglich die 2 Zuführungen zum Lautstärkeregler P 1, die von *C* 9 und *C* 10 ausgehen.
Bild 8.12 zeigt die Draufsicht, Bild 8.13 die Verdrahtung und Anordnung unter dem Chassis des Wechselstrom-1-Kreis-Empfängers.

*Stückliste*

*C* 1, *C* 4, *C* 18 100 pF/250 V
*C* 2, *C* 6, *C* 9, *C* 10, *C* 15 10 nF/250 V
*C* 3 2×200 pF (Hartpapier)
*C* 5 45 ··· 500 pF (Luftdrehkondensator)
*C* 7 0,5 µF/250 V (Becher)
*C* 8 0,1 µF/250 V

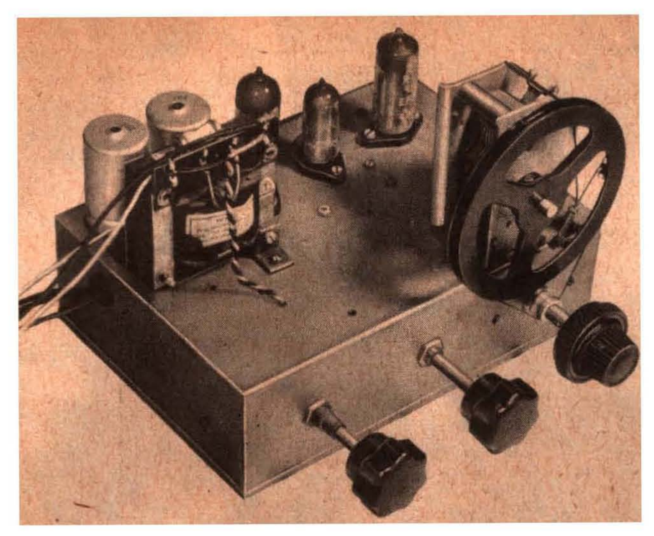


Bild 8.12
Blick auf das Chassis des fertiggestellten Empfängers

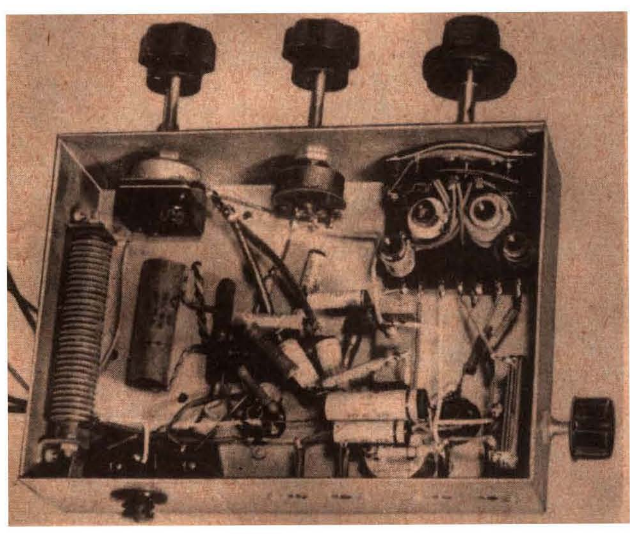


Bild 8.13
Blick in das verdrahtete Chassis des Wechselstrom-1-Kreis-Empfängers

*C* 11, *C* 12 5 nF/250 V
*C* 13 50 μF/35 V (Elektrolyt)
*C* 14 2500 pF/250 V
*C* 16, *C* 17 25 μF/350 V (Elektrolyt)
*R* 1 1 MΩ/0,25 W
*R* 2 750 kΩ/0,5 W
*R* 3, *R* 7 200 kΩ/0,5 W
*R* 4 25 kΩ/0,5 W
*R* 5 10 MΩ/0,5 W
*R* 6 250 kΩ/0,5 W
*R* 8 1 kΩ/0,25 W
*R* 9 160 Ω/2 W
P 1 1 MΩ/log., mit 2poligem Schalter
P 2 1 MΩ/log.

1-Kreis-Spulensatz *Sp 122 (Neumann)*
Rö 1 *EF 80*
Rö 2 *EC 92*
Rö 3 *EL 84*
Netztransformator *N 65/50/SE (Neumann)*
Trockengleichrichter *E 360/135* – 0,075 *(RFT)*
Lautsprecher *L 2753 GOK* (*FW* Leipzig), elektrodynamisch, oval
Ausgangsübertrager *BV 90677* (*FW* Leipzig)
HF-Drossel *F 21* (*HFW* Meuselwitz)
Feinsicherung 0,1 A (träge)
3 Stück Röhrenfassungen *(Lanco)*
2 Stück Doppelbuchsen *(Lanco)*
Sicherungselement *(RFT)*
Skalenrad 100 mm Durchmesser

## 8.4. MW-Empfangsteil für Musikanlage

Im modernen Sprachgebrauch bezeichnet man mit HiFi-Wiedergabe (high fidelity [engl.] = große Genauigkeit) eine qualitativ gute Wiedergabe von Rundfunksendungen, Schallplatten oder Magnetbandaufnahmen. Für Rundfunksendungen bereitet das mit einem guten UKW-Empfangsteil keine Schwierigkeit. Allerdings ist das bei Mittelwelle schon wesentlich anders. Die Lang- und Kurzwellen sind wegen der auftretenden atmosphärischen Störungen sowieso für den HiFi-Empfang nicht zu verwenden.
Benutzt man bei Mittelwelle eine Superhetschaltung zum Empfang, so ist infolge der nicht genügend großen Bandbreite der Bandfilter im ZF-Verstärker kein Qualitätsempfang möglich. Man wendet deshalb besser Geradeausempfängerschaltungen an. Den rückgekoppelten 1-Kreiser können wir dabei außer acht lassen, da die Audionschaltung unzulässige Verzerrungen hervorruft. Außerdem ist die Trennschärfe ungenügend. Durchgesetzt hat sich für solche Schaltungen die 2-Kreis-Schaltung mit einer besonders verzerrungsfreien Gleichrichtung der HF-Signale.
Bild 8.14 zeigt einen Schaltungsvorschlag für eine Empfangsschaltung mit 2 Kreisen. Die 2 Abstimmkreise sind dabei als Bandfilter geschaltet. Diese Schaltungsart ergibt gute Trennschärfe und ermöglicht auch einen einfachen Abgleich des fertiggestellten Gerätes. Es sind 2 Buchsen für den Anschluß einer Antenne vorgesehen. Längere Antennen werden bei $A_1$, kürzere Antennen bei $A_2$ angeschlossen. Die Verwendung einer Ferritantenne im Eingang empfiehlt sich nicht, da hierfür die Empfindlichkeit der Schaltung nicht groß genug ist. Die mit einem Widerstand von 10 kΩ bedämpfte HF-Drossel bildet die Eingangsschaltung; diese ist also nicht abgestimmt. Als HF-Verstärkerröhre wird die Röhre *EF 89* verwendet, man kann aber auch die Röhren *EF 80* oder *EF 85* einsetzen. Die Katoden- und die Schirmgitterkombination ist wie üblich geschaltet.
Von der Anode der Röhre *EF 89* gelangt das Signal an den ersten Kreis des abgestimmten 2-Kreis-Bandfilters. Für die Abstimmung benutzt man einen normalen 2fach-Abstimmdrehkondensator. Da durch die Schwingkreisspule $L_1$ der Anodenstrom fließt, wird das kalte Ende der Spule über 10 nF hochfrequenzmäßig geerdet. Der Sekundärkreis des Bandfilters bildet den Eingangskreis des nächsten Röhrensystems. Zur Gleichrichtung verwendet man die Katodendetektorschaltung, die in den letzten Jahren als besonders verzerrungsarmer HF-Gleichrichter vielfach empfohlen wurde. Das HF-Signal wird dabei dem Steuergitter zugeführt; die Anode ist durch einen großen Kondensator (8 μF) für diese Frequenzen geerdet. An der Katode wird das gleichgerichtete Signal entnommen. Bemerkenswert ist hierbei der große Wert des Katodenwiderstandes (150 kΩ). Für den Katoden-

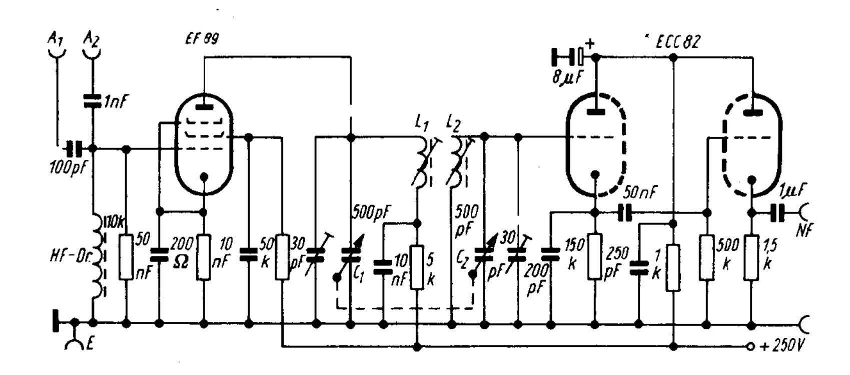



Bild 8.14
Schaltung für einen Bandfilter-Empfangsteil (2-Kreiser) für die HiFi-Wiedergabe

detektor lassen sich alle üblichen Trioden verwenden, in dem Beispiel wurde die Röhre *ECC 82* eingesetzt. Das 2. Röhrensystem arbeitet als normale Anodenbasisstufe, und das Signal kann an der Katode niederohmig entnommen werden. Das ist günstig bei größerer Entfernung des Hauptverstärkers, da dadurch keine Brummeinstreuungen möglich sind. Allerdings ist die Verstärkung der Anodenbasisstufe geringer als 1. Wird eine größere Ausgangsspannung benötigt, dann muß das letzte Röhrensystem als normaler NF-Verstärker geschaltet und das Signal an der Anode am Arbeitswiderstand entnommen werden.

Das Bandfilter besteht aus 2 Mittelwellenspulen, die sich in einem Abstand von etwa 40 mm gegenüberstehen. Die Induktivität einer Spule muß etwa 180 µH betragen. Je nach der verwendeten HF-Eisenkernspule muß die Windungszahl dann etwa 70 bis 90 Wdg. haben. Verwendet wird die übliche HF-Litze 20 × 0,05 mm. Der Vorabgleich kann mit einem Grid-Dip-Meter geschehen. Der eigentliche Abgleich sollte mit einem Prüfgenerator erfolgen. Ist ein solcher nicht vorhanden, dann kann man auch auf entsprechend eingestellte Rundfunksender abstimmen. Dabei muß man beachten, daß bei herausgedrehtem Drehkondensator mit dem Paralleltrimmer und bei hereingedrehtem Drehkondensator mit dem Abgleichkern des HF-Spulenkörpers abgeglichen wird. Dieser Vorgang ist mehrmals an beiden Bandenden zu wiederholen.

Die Qualität der Wiedergabe von Rundfunksendungen kann gesteigert werden, wenn man die Schwingkreise des Bandfilters mit jeweils einem Widerstand von 200 kΩ bedämpft. Dadurch wird die Bandbreite des Bandfilters größer und die Höhenwiedergabe besser. Allerdings geht das auf Kosten der Trennschärfe, so daß ein Fernempfang mit diesem Gerät nicht mehr möglich ist. Wendet man diese Bedämpfung für den Empfang der Ortssender an, erhält man eine ausgezeichnete Wiedergabe.

Der Aufbau bereitet keine besonderen Schwierigkeiten (s. andere Beispiele zuvor). Die Stromversorgung ist gering (6,3 V/0,6 A und 250 V/8 mA) und kann meist aus dem nachgeschalteten Hauptverstärker bezogen werden, so daß ein besonderer Netzteil entfällt.

## 8.5. 6-Kreis-Superhetempfänger

Der Geradeausempfänger, ganz gleich ob 1-Kreis- oder 2-Kreis-Schaltung, ist unkompliziert im Nachbau, befriedigt aber letzten Endes wegen seiner ungenügenden Trennschärfe nicht völlig. Eine bessere Trennschärfe aber kann nur durch mehrere abgestimmte Schwingkreise im HF-Teil des Empfangsgerätes erzielt werden. Da beim Geradeausempfänger nicht über 2 HF-Kreise hinausgegangen wird, findet für mehrkreisige Schaltungen das Überlagerungsprinzip Anwendung. Einen nach diesem Prinzip aufgebauten Empfänger bezeichnen wir als *Superhet*. Bei einem Superhetempfänger wird die von der Antenne aufgenommene Eingangsspannung mit einer im Empfänger erzeugten Oszillatorspannung in einem bestimmten Frequenzverhältnis überlagert, so daß beispielsweise die Zwischenfrequenz 468 kHz entsteht. Beträgt die Frequenz der Eingangsspannung $f_e = 932$ kHz und soll die erzeugte Zwischenfrequenz $f_z = 468$ kHz betragen, so muß der Oszillator auf die Frequenz $f_o = 1400$ kHz abgestimmt sein; denn

$$f_o = f_e + f_z = 932 + 468 = 1400 \text{ kHz} .$$

Es ist üblich, daß die Oszillatorfrequenz im Rundfunkempfänger oberhalb der Eingangsfrequenz liegt.

Wir wollen in diesem Buch auf die Probleme der Überlagerung nicht näher eingehen, da der volkseigene Handel fertige und vorabgeglichene Spulensätze für den Eigenbau von Rundfunkempfängern anbietet. Die nach der Überlagerung bzw. Mischung erhaltene Zwischenfrequenz wird in einem Zwischenfrequenzverstärker mit fest auf die Zwischenfrequenz eingestellten Schwingkreisen verstärkt. Damit man eine bessere Trennschärfe und eine bestimmte Bandbreite für die Übertragung des Tonfrequenzbereiches erhält, werden immer 2 ZF-Schwingkreise zu einem Bandfilter zusammengefaßt. Da für die Mischung ein Eingangskreis und ein Oszillatorkreis notwendig sind, beide variabel, hat z. B. ein 6-Kreis-Super 4 ZF-Kreise (2 Bandfilter). Nach der ZF-Verstärkung wird die ZF-Spannung gleichgerichtet, und man erhält die Niederfrequenzspannung, die der empfangenen HF-Eingangsspannung aufmoduliert war. Diese NF-Spannung wird dem NF-Endverstärker zugeführt, der meist aus NF-Vorverstärker und NF-Endverstärker besteht, also 2stufig aufgebaut ist. Über den am Ausgangstransformator angeschlossenen Lautsprecher erfolgt dann die Schallabstrahlung.

Bild 8.15 (s. Seite 185) zeigt die Schaltung für einen erprobten 6-Kreis-Superhetempfänger mit K-M-L-Wellenbereich, außerdem sind Anschlüsse für einen 2. Lautsprecher und für einen Tonabnehmer vorgesehen. Als Spulensatz wird das Eingangsaggregat *SU 2* (*Hochfrequenz-Werkstätten* Meuselwitz) verwendet. Dieser Spulensatz hat auf dem Kurz- und Mittelwellenbereich eine hochinduktive, auf dem Langwellenbereich eine niederinduktive Antennenkopplung. Der Spulensatz wird an den Abgleichpunkten 19 m, 49 m, 1300 kHz, 600 kHz und 200 kHz abgeglichen geliefert. Da die Firma *Hochfrequenz-Werkstätten* Meuselwitz keine Spulensätze mehr herstellt, kann man für diese Schaltung auch die Spulensätze der Firma *G. Neumann* KG benutzen, die bis vor einigen Jahren komplett verdrahtet und vorabgeglichen mit Dreh- oder Tastenschaltern geliefert wurden. Gleiches gilt für Industrie-Spulensätze aus der ausgelaufenen Produktion, die man im Handel erhält. Bild 8.16 zeigt die Schaltung für den *Neumann*-Spulensatz *SSp 136* mit Drehschalter. Selbstverständlich kann man den Spulensatz auch selbst wickeln, Angaben findet der Leser in Abschnitt 5. und Abschnitt 8.9. Als Misch- und Oszillatorröhre verwendet man die Röhre *ECH 81*. Die Antennenenergie ge-

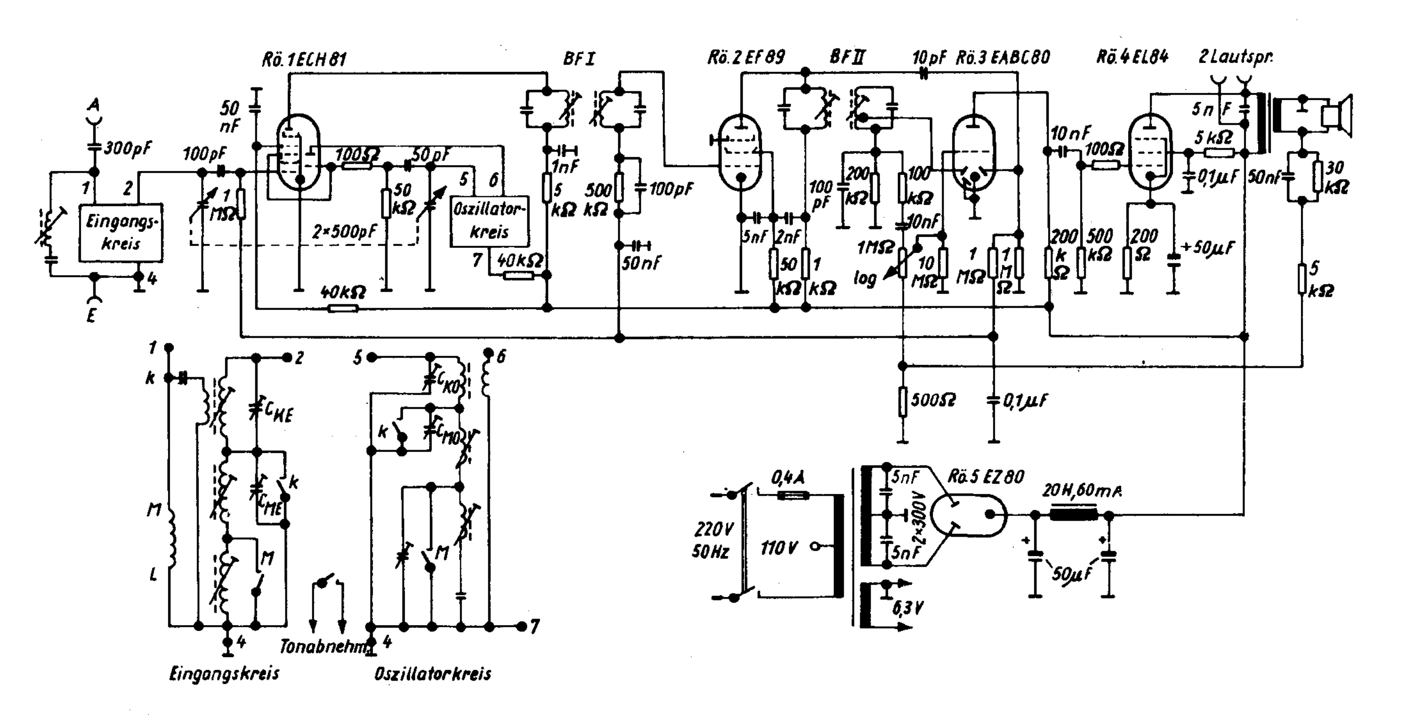



Bild 8.15
Schaltung für den 6-Kreis-Superhetempfänger

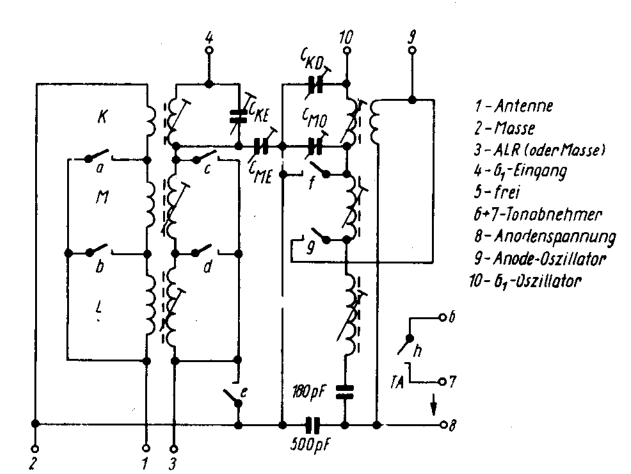



Bild 8.16. Schaltung des *Neumann*-Spulensatzes *SSp 136*

langt von der Antennenbuchse über den Kondensator von 300 pF zur Antennenspule des Eingangsteiles. Der abstimmbare Eingangskreis liegt über 100 pF am Steuergitter des Heptodensystems der Röhre *ECH 81*. Der Gitterableitwiderstand von 1 MΩ ist nicht mit Masse, sondern mit der Schwundregelleitung verbunden. Das 1. Steuergitter erhält also eine Regelspannung, die bei Schwunderscheinungen bewirkt, daß die eingestellte Lautstärke durch größere Verstärkung erhalten bleibt. Die Erzeugung der Oszillatorfrequenz erfolgt im Triodensystem der gleichen Röhre. Um die feste Zwischenfrequenz von 468 kHz zu erhalten, müssen Eingangskreis und Oszillatorkreis gemeinsam abgestimmt werden. Das geschieht durch einen Drehkondensator von 2 × 500 pF. Die Oszillatorfrequenz liegt dabei um den Betrag der ZF höher als die Eingangsfrequenz. Die Oszillatorfrequenz wird an das 2. Steuergitter des Heptodensystems von Rö 1 gelegt. Im Anodenkreis erhält man die ZF, die über ein ZF-Bandfilter der ZF-Verstärkerröhre *EF 89* zugeführt wird. Als Bandfilter findet der Typ *ZB 1* von den *Hochfrequenz-Werkstätten* Meuselwitz Verwendung. Diese Röhre wird ebenfalls geregelt, der Gitterableitwiderstand von 500 kΩ liegt infolgedessen gleichfalls an der Schwundregelleitung. Zur Vermeidung einer Selbsterregung ist Rö 2 durch die Kondensatoren 5 nF und 2 nF neutralisiert. Im Anodenkreis von Rö 2 liegt das 2. ZF-Filter, an dessen Sekundärkreis an der Anzapfung die Gleichrichtung durch ein Diodensystem der Röhre Rö 3 vorgenommen wird. Über ein *RC*-Glied ist dann am Lautstärkeregler (1 MΩ log.) die NF zur weiteren Verstärkung verfügbar.

Als NF-Vorverstärker arbeitet das Triodensystem der Röhre *EABC 80*. Die Gittervorspannung wird ohne Katodenkombination durch den Gitterlaufstrom an dem sehr hohen Gitterableitwiderstand von 10 MΩ gewonnen. Über eine *RC*-Kopplung schließt sich dann die Endröhre *EL 84* an. Die Gittervorspannung wird durch die Katodenkombination 200 Ω/50 µF erzeugt. Im Anodenkreis liegt der Ausgangstransformator, der bei der Röhre *EL 84* eine Primärimpedanz von 5,5 kΩ haben muß. Der sekundärseitige Widerstand richtet sich nach dem Schwingspulenwiderstand des verwendeten

Lautsprechers. Für das Versuchsgerät wurde ein Ovallautsprecher verwendet. Der Lautsprecher hat eine Nennbelastung von 4 VA, einen Frequenzumfang von 70 bis 15000 Hz und eine Schwingspulenimpedanz von 3 Ω. Die Korbabmessungen betragen 241 mm × 156 mm, die Einbautiefe 95 mm.

Für die Gleichrichtung wird das Diodensystem I der Röhre *EABC 80* verwendet, da dieses hochohmig ist. Die Schwundregelspannung gewinnt man durch ein 2. Diodensystem. Dazu wird über den Kondensator von 10 pF vom Primärkreis des 2. ZF-Bandfilters ein Teil der ZF-Spannung auf die Diode gekoppelt. Ein Siebglied von 1 MΩ und 0,1 μF ergibt für die Schwundregelspannung eine Zeitkonstante von etwa 0,1 s. Zur Klangverbesserung dient eine frequenzabhängige Gegenkopplung, die von der Sekundärseite des Ausgangstransformators zum erdseitigen Ende des Lautstärkereglers führt. Zu diesem Zweck ist der Lautstärkeregler über den Widerstand von 500 Ω hochgelegt. Soll eine stetige Klangbeeinflussung, etwa durch Höhenabsenkung erfolgen, so kann zwischen der Anode der Endröhre und Masse die Reihenschaltung eines Kondensators (20 nF) und eines Potentiometers (100 kΩ lin.) eingefügt werden. Der Kondensator muß spannungsfest und deshalb für eine Betriebsspannung von 700 V bemessen sein. Zur Unterdrückung von Sendern, die auf der ZF arbeiten, liegt an den Antennenbuchsen ein ZF-Saugkreis, für den der Typ *SK 1* von der Firma *Hochfrequenz-Werkstätten* Meuselwitz verwendet wird. Der Netzteil weist keine Schwierigkeiten auf. Der Netzschalter ist mit dem Lautstärkeregler kombiniert. Als Netztransformator eignet sich jeder Typ, der etwa 2 × 300 V, 60 mA und 6,3 V bei etwa 3 A abgibt (z. B. Typ *N 85 U* von der Firma

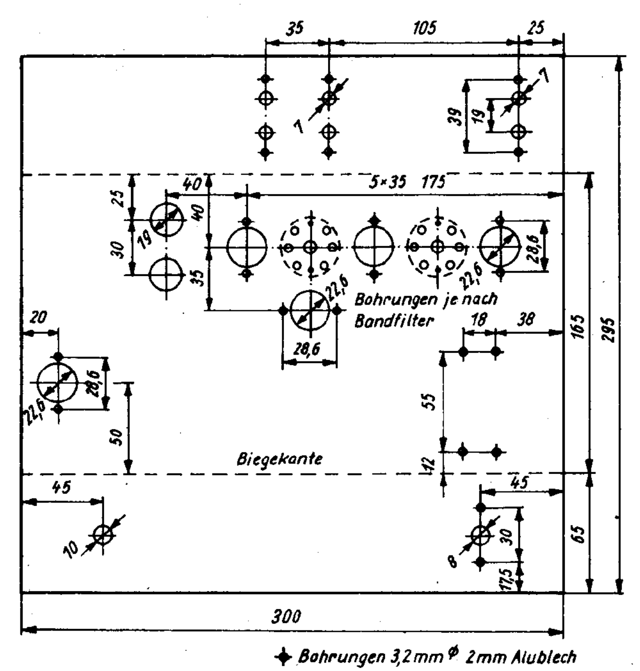



Bild 8.17
Maßskizze für das Chassis des 6-Kreis-Superhets

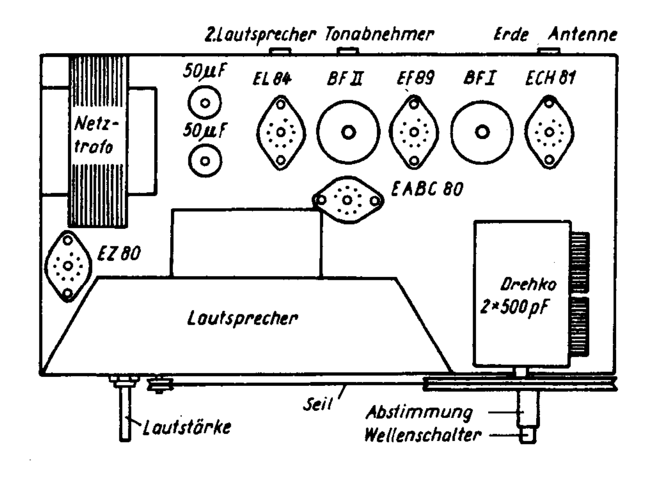



Bild 8.18
Aufbauschema für das Chassis des 6-Kreis-Superhets

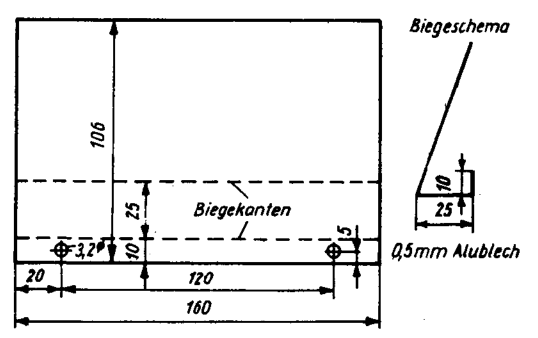



Bild 8.19
Maßskizze und Biegeschema für die Skalenrückwand des 6-Kreis-Superhets

*G. Neumann*, Creuzburg/Werra). Die Siebdrossel muß für 60 mA ausgelegt sein. Die Elektrolytkondensatoren haben eine Kapazität von 50 µF und eine Betriebsspannung von 500/550 V.

Über den mechanischen Aufbau geben Bild 8.17 bis Bild 8.20 Aufschluß. Das Chassis wird mit den angegebenen Abmessungen aus 2 mm dickem Alublech gebogen. Es empfiehlt sich, die Bohrungen und Aussparungen vor dem Biegen anzubringen. Die Anordnung der elektrischen Bauteile auf dem Chassis geht aus Bild 8.18 hervor. Als Skale wird eine Linearskale verwendet. Das benötigte Seilrad muß einen Durchmesser von 85 mm haben. Die Halterungsmaße der Umlenkrolle sowie die der Skalenrückwand geben Bild 8.19 und Bild 8.20 an.

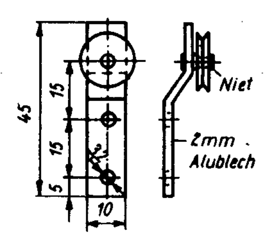



Bild 8.20
Maßskizze für die Halterung der Umlenkrolle

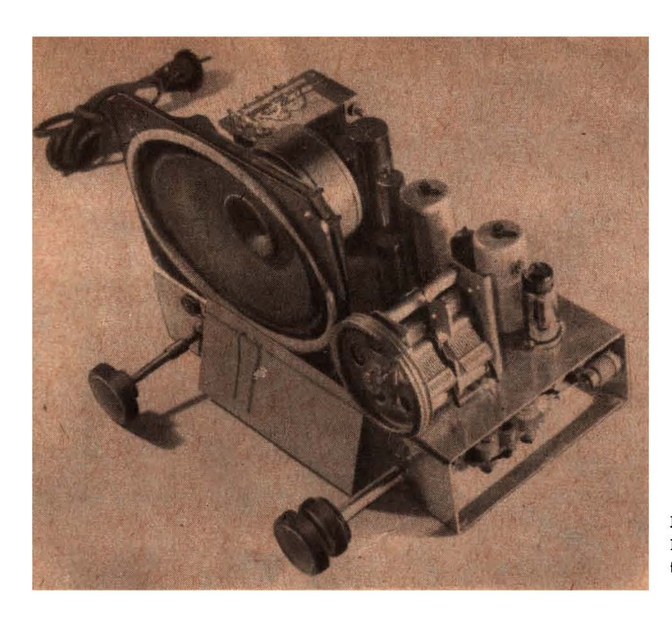


Bild 8.21
Blick auf das Chassis des fertiggestellten Superhets

Den fertiggestellten 6-Kreis-Superhetempfänger zeigen Bild 8.21 und Bild 8.22. Ist das Gerät verdrahtet und liegen alle Betriebsspannungen an den entsprechenden Röhrenelektroden, so muß das Gerät abgeglichen werden, um ein Maximum an Empfangsleistung zu erzielen. Sollte das Gerät bei der Inbetriebnahme pfeifen, so schwingt der ZF-Verstärker; dann ist seine Verdrahtung zu überprüfen. Die Zuführungen zu dem Gitterkreis und dem nachfolgenden Anodenkreis dürfen nicht miteinander koppeln.

Für den Abgleich des Empfängers wird ein Meßsender bzw. Prüfgenerator benötigt. Erfahrenen Amateuren gelingt zwar ein Abgleich ohne Verwendung eines Prüfgenerators, aber maximale Ergebnisse werden dann nicht erzielt. Der Anfänger sollte auf jeden Fall die Hilfe erfahrener Amateure in Anspruch nehmen. Da der Spulensatz vorabgeglichen geliefert wird, sind bei einwandfreier Verdrahtung auf dem Mittelwellenbereich schon einige Sender zu empfangen. Vor einem planlosen Verstellen der Abgleichelemente muß gewarnt werden, denn damit ist kein vernünftiges Ergebnis zu erzielen. Bei diesem Empfänger sind für den Abgleich immerhin für alle 3 Wellenbereiche 15 Verstellmöglichkeiten gegeben.

Als erstes wird der ZF-Verstärker abgeglichen. Dazu schaltet man den Empfänger auf den Mittelwellenbereich. An die Buchsen für den 2. Lautsprecher wird ein Vielfachmesser geschaltet, den man auf einen Wechselspannungsbereich einstellt (z. B. 30 V). In eine Zuführung zum Instrument schalten wir einen Kondensator von 1 µF, um die an den Lautsprecherbuchsen liegende Gleichspannung vom Vielfachmesser fernzuhalten. Ist ein Meßsender vorhanden, so wird dieser auf eine Frequenz von 468 kHz eingestellt und an das 1. Steuergitter der Mischröhre geschaltet. Steht kein Meßsender zur Verfügung, so stellt man mit dem Drehkondensator einen schwach einfallenden Mittelwellensender ein. Dann werden die Abgleichkerne der ZF-Bandfilter auf

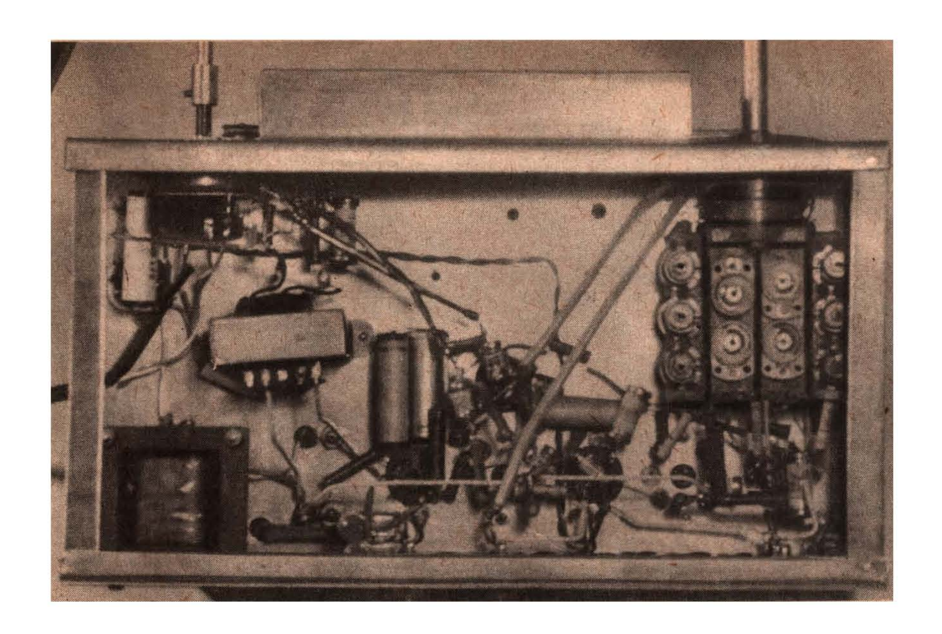


Bild 8.22
Blick in das verdrahtete Chassis des fertiggestellten Superhets

Maximum (größte Lautstärke) gebracht. Mit dem letzten Kreis, dem Diodenkreis, wird begonnen und nacheinander abgestimmt, als letzter der Anodenkreis der Mischröhre. Diesen Vorgang wiederholt man mehrmals. Anschließend wird der Meßsender an die Antennenbuchse gelegt und der Saugkreis, der zwischen Antennen- und Erdbuchse liegt, auf Minimum (kleinste Lautstärke) abgeglichen. Bei Abgleich ohne Meßsender am Saugkreis nichts verändern!

Nun erfolgt der Abgleich des Eingangsaggregats, und zwar in der Reihenfolge Kurz-Mittel-Lang. Bild 8.23 gibt Aufschluß über die einzelnen Abgleichelemente. Zu beachten ist, daß bei eingedrehtem Drehkondensator immer die Spule, bei ausgedrehtem Drehkondensator immer der Paralleltrimmer verstellt wird. Das trifft nicht zu für den Langwellenbereich, da man dort nur bei einer Frequenz einen Spulenabgleich vornimmt. Der Meßsender wird an die Antennenbuchse geschaltet. Bei eingedrehtem Drehkondensator stellen wir die KW-Oszillatorspule auf 5,9 MHz, bei ausgedrehtem Drehkondensator den KW-Oszillatortrimmer auf 20 MHz ein. Auf 6,1 MHz und

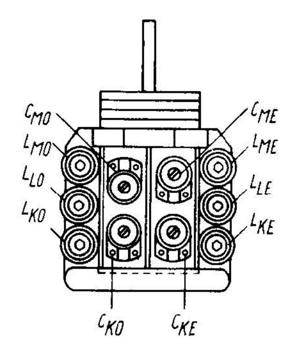



Bild 8.23
Anordnung der Abgleichelemente beim 6-Kreis-Superhetspulensatz der *Hochfrequenz-Werkstätten* Meuselwitz

15 MHz werden nun KW-Eingangsspule und KW-Eingangstrimmer auf Maximum eingestellt.
Diese Vorgänge sind mehrmals zu wiederholen, ehe auf den Mittelwellenbereich umgeschaltet wird. Auf Mittelwelle wiederholen sie sich wie folgt:

510 kHz MW-Oszillatorspule,
1620 kHz MW-Oszillatortrimmer,
600 kHz MW-Eingangsspule,
1300 kHz MW-Eingangstrimmer.

Auf dem Langwellenbereich ist nur die LW-Oszillatorspule bei eingedrehtem Drehkondensator auf 145 kHz einzustellen und die LW-Eingangsspule bei 200 kHz auf Maximum abzugleichen. Steht kein Meßsender zur Verfügung, so wird für die einzelnen Bereiche folgendes Abgleichschema empfohlen:

*Kurzwelle*

a) Sender im 49-m-Band einstellen und Abgleich an KW-Oszillatorspule und KW-Eingangsspule auf Maximum.
b) Sender im 19-m-Band einstellen und Abgleich an KW-Oszillatortrimmer und KW-Eingangstrimmer auf Maximum.
Diese beiden Vorgänge sind mehrmals zu wiederholen, mit dem Abgleich der Trimmer auf 19 m ist der Abgleich des KW-Bereiches zu beenden.

*Mittelwelle*

a) Sender auf etwa 600 kHz (500 m) einstellen und Abgleich an MW-Oszillatorspule und an MW-Eingangsspule auf Maximum.
b) Sender auf etwa 1300 kHz (220 m) einstellen und Abgleich am MW-Oszillatortrimmer und am MW-Eingangstrimmer auf Maximum.
Diese beiden Vorgänge sind mehrmals zu wiederholen, mit dem Abgleich der Trimmer auf etwa 1300 kHz ist der Abgleich des MW-Bereiches zu beenden.

*Langwelle*

Sender auf etwa 200 kHz (1500 m) einstellen und Abgleich an LW-Oszillator- und LW-Eingangsspule auf Maximum.
Auf dem LW-Bereich ist nur dieser Spulenabgleich vorgesehen. Das Abgleichen ohne Meßsender ist immer bei voll aufgedrehtem Lautstärkeregler durchzuführen.

*Stückliste*

Spulensatz *SU 2* (*HFW* Meuselwitz)
2 Bandfilter *ZB 1*, 468 kHz (*HFW* Meuselwitz)
Saugkreis *SK 1* (*HFW* Meuselwitz)
Rö 1 *ECH 81*
Rö 2 *EF 89*
Rö 3 *EABC 80*
Rö 4 *EL 84*
Rö 5 *EZ 80*
Netztransformator *N 85 U* (*Neumann*)
Netzdrossel *D 55/60* (*Neumann*)
Drehkondensator 2 × 500 pF
2 Elektrolytkondensatoren 50 µF (500/550 V)
Elektrolytkondensator 50 µF (30/35 V)
Lautsprecher, oval, 4 VA
Ausgangsübertrager, primär 5,6 kΩ
Potentiometer und Schalter, 1 MΩ lin.

Für die Kondensatoren genügt eine Spannungsfestigkeit von 250 V. Lediglich die beiden Kondensatoren 5 nF parallel zu den Anodenwicklungen des Netztransformators müssen für 500 V Wechselspannung ausgelegt sein.
Alle Gitterableitwiderstände haben eine Belastung von 0,25 W; die Schirmgitter- und Anodenwiderstände werden für 0,5 W ausgelegt; der Katodenwiderstand der Röhre *EL 84* von 200 Ω ist mit 2 W belastbar.

## 8.6. Schaltung für einen Batteriesuper

Der in Abschnitt 8.1. beschriebene Batterie-1-Kreis-Empfänger läßt in bezug auf Empfindlichkeit und Trennschärfe einige Wünsche offen. Will man die Leistungen des Empfängers erhöhen, muß man eine Superhetschaltung aufbauen. Zum Prinzip der Superhetschaltung wurde im vorhergehenden Abschnitt schon einiges gesagt. Leider gibt es keine speziellen Superhetspulensätze für Batteriegeräte im Handel, so daß man auf den Selbstbau angewiesen ist.

Bild 8.24 zeigt die Schaltung des 6-Kreis-Batteriesupers; sie bereitet im Aufbau keine besonderen Schwierigkeiten; man muß nur darauf achten, daß die HF- oder NF-führenden Leitungen so verlegt werden, daß keine »wilden« Schwingungen entstehen. Der Eingangskreis, der mit einem Paket des Zweifach-Drehkondensators abgestimmt wird, enthält als Spule $L_1$ eine Ferritantenne. Die Induktivität der Spule $L_1$ soll mit dem Ferritstab etwa 200 µH betragen. Das sind je nach dem verwendeten Ferritstab (z. B. 10 mm Durchmesser, 140 bis 200 mm lang) 50 bis 70 Wdg. HF-Litze. Da der Empfangsbereich 510 bis 1620 kHz umfassen soll, muß bei eingedrehtem Drehkondensator und halb eingedrehtem Trimmer mit der Spule eine Frequenz von 510 kHz erreicht werden. Die endgültige Windungszahl wird durch einen Vorabgleich mit einem Grid-Dip-Meter festgelegt.

Bei einer Zwischenfrequenz von 468 kHz muß der Oszillatorkreis im Bereich von 978 kHz bis 2088 kHz abstimmbar sein. Da der gleiche Kapazitätswert des Abstimmdrehkondensators wie beim Eingangskreis zur Verfügung steht, ist der Oszillatorkreis durch einen Serienkondensator von 500 pF elektrisch zu verkürzen. Die Induktivität der Oszillatorspule $L_2$ muß dann etwa 100 µH betragen. Bei einem Stiefelkörper

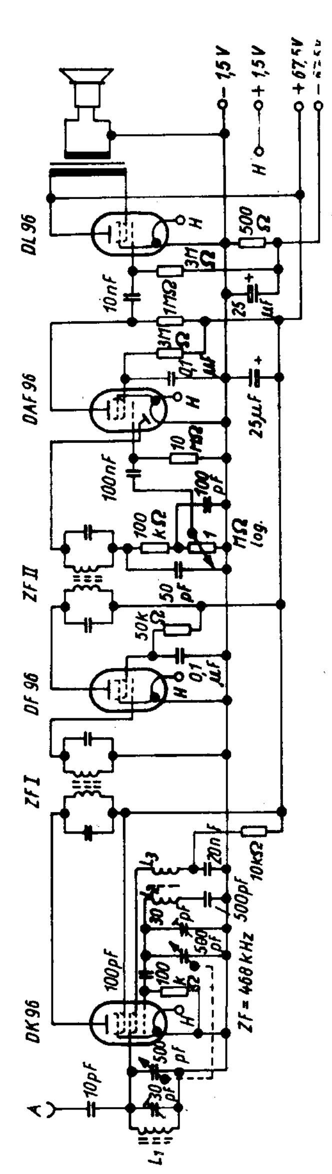



Bild 8.24
Schaltung für einen 6-Kreis-Batteriesuper

mit Abgleichkern sind das etwa 75 Wdg. 0,2-mm-CuL. Die Rückkopplungsspule soll etwa 30 bis 40% der Windungen der Oszillatorkreisspule enthalten, also 30 Wdg. 0,2-mm-CuL. Mit einem Grid-Dip-Meter ist ein Vorabgleich möglich. Die ZF-Bandfilter können im Handel käuflich erworben werden. Wer allerdings dazu in der Lage ist und sich möglichst kleine Bandfilter selbst bauen möchte, muß folgendes beachten: Bei Batterieschaltungen sollte man möglichst hohe Resonanzwiderstände erreichen. Das bedingt kleine Parallelkapazitäten der ZF-Kreise. Als unterster Wert kann ein Kondensator von 100 pF gelten. Die Induktivität der ZF-Spule muß dann für 468 kHz etwa 1,1 mH betragen.

Als Mischoszillatorröhre arbeitet die Röhre *DK 92*, die darauffolgende Röhre dient zur ZF-Verstärkung. Das Diodensystem der Röhre *DAF 96* richtet die ZF gleich, und die erhaltene Niederfrequenz wird im Pentodensystem der gleichen Röhre weiterverstärkt. Die Lautsprecher-Endstufe ist mit der Röhre *DL 96* bestückt. Die Lautstärkeregelung erfolgt durch das Potentiometer (1 MΩ log.) im Gitterkreis der Röhre *DAF 96*. Die Gittervorspannung dieser Röhre wird durch den hohen Gitterableitwiderstand von 10 MΩ erzeugt. Bei der Endröhre *DL 96* dient dazu der Spannungsabfall an dem Widerstand von 500 Ω, der zwischen den Minusanschlüssen der Heiz- und der Anodenbatterie liegt. Als Ausgangsübertrager wird ein Kern *M 42/15* verwendet. Die primäre Windungszahl ist 2600 Wdg. 0,15-mm-CuL. Für einen 5-Ω-Lautsprecher beträgt die Sekundärwindungszahl 65 Wdg. 0,7-mm-CuL.

Die Stromversorgung erfolgt durch 2 parallelgeschaltete Monozellen von 1,5 V und 1 Anodenbatterie von 67,5 V. Als Lautsprecher sollte ein Klein-Lautsprecher des VEB *Funkwerk* Leipzig mit einem Durchmesser von 50 bis 65 mm verwendet werden. Dann bringt man die Schaltung räumlich auch in dem in Abschnitt 8.1. gezeigten Holzgehäuse unter. Steht keine Ferritantenne zur Verfügung, so kann man die Spule $L_1$ auch als Rahmenantenne ausführen. Dadurch steigt außerdem die Empfindlichkeit des Gerätes, da die Rahmenantenne eine größere Eingangsspannung zur Verfügung stellt. Bei den Rahmenaußenabmessungen von 220 mm × 150 mm besteht die Rahmenspule aus 17 Wdg. HF-Litze. Der Abgleich des Gerätes erfolgt mit einem Prüfgenerator in der gleichen Weise, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben. Bei hereingedrehtem Drehkondensator wird mit der Spule abgeglichen, bei herausgedrehtem Drehkondensator mit dem Paralleltrimmer.

## 8.7. Superhetempfangsteil für Musikanlage

Will man nur die Orts- bzw. Bezirkssender bei einer Musikanlage empfangen, dann reicht der in Abschnitt 8.4. beschriebene Empfangsteil aus. Für den Fernempfang von Sendern im Mittelwellenbereich genügt diese Schaltung allerdings nicht. Für diese Zwecke muß man die Superhetschaltung anwenden, da erst sie eine genügende Empfindlichkeit und Trennschärfe garantiert. Man wird die Schaltung nur bis zum Diodenausgang mit einer niederohmigen Ausgangsstufe aufbauen, da die Endverstärkung durch den Hauptverstärker der Musikanlage erfolgt.

Die Empfangsschaltung ist eine normale 6-Kreis-Superhetschaltung mit den Röhren *ECH 81* und *EBF 89*. Zur einwandfreien Einstellung der Sender dient das magische Auge *EM 80*. Der niederohmige Ausgang wird erreicht durch eine Röhre *EC 92* in Anodenbasisschaltung. Bild 8.25 zeigt die Schaltung für den Superhet-Empfangsteil.

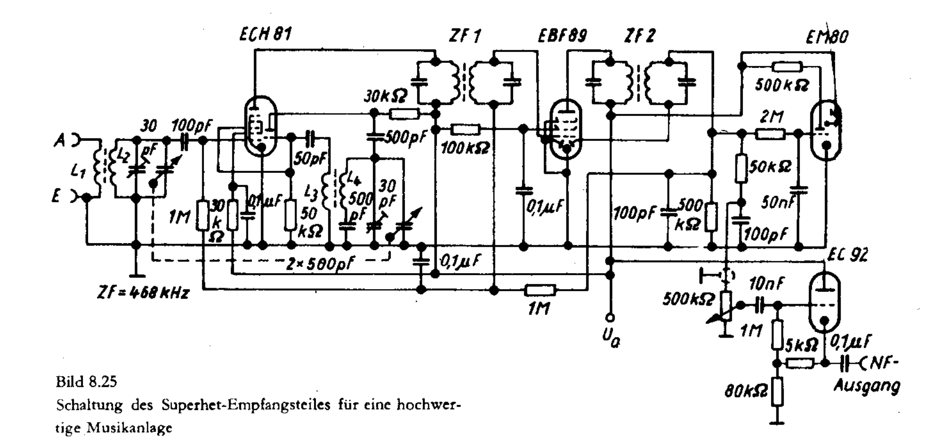



Bild 8.25
Schaltung des Superhet-Empfangsteiles für eine hochwertige Musikanlage

Empfangen werden kann der Mittelwellenbereich von 510 kHz bis 1620 kHz. Die Bandfilter sind übliche Handelsausführungen für 468 kHz. Für die Spulen werden folgende Anhaltswerte gegeben:

$L_1$ = 10 µH (niederinduktive Ankopplung)
1,3 mH (hochinduktive Ankopplung)
$L_2$ = 0,2 mH
$L_3$ = 20 bis 30% der Windungszahl von $L_4$
$L_4$ = 0,1 mH

Die Berechnung der Windungszahlen erfolgt für die jeweils verwendete HF-Eisenkernspule nach den in Abschnitt 5. angegebenen Formeln. Sollen noch andere Wellenbereiche empfangen werden, so kann man einen der erhältlichen Superhetspulensätze kaufen, die mit Kreisebenenschaltern oder in Drucktastenausführung im Handel sind. Der Abgleich erfolgt in der gleichen Weise, wie in Abschnitt 8.5. beschrieben. Die Stromversorgung (6,3 V/1 A und 250 V/30 mA) wird aus dem zentralen Netzteil der Musikanlage bezogen. Den niederohmigen Ausgang verbindet man über die Mischeinrichtung mit dem Hauptverstärker.
Da keine Brummeinstreuungen bei dieser Schaltungsart zu befürchten sind, kann die Verbindungsleitung unbedenklich mehrere Meter lang sein.

## 8.8. HF-Verstärker mit Ferritantenne

Besonders in den Abendstunden ist der MW-Empfang stark durch das Einfallen von Fernsendern gestört, so daß der Empfang oft keine reine Freude ist. Abhilfe schafft eine drehbare Ferritantenne, mit der ein Richtungsempfang erzielt wird. Kommen der störende Sender und der eingestellte Sender aus verschiedenen Richtungen, so gestaltet sich der Empfang bei entsprechend gedrehter Ferritantenne störungsfreier. Kommen allerdings beide Sender aus einer Richtung, dann kann auch die beste Ferritantenne keine Abhilfe schaffen.
Da die Ferritantenne auf Grund ihrer Kürze (8 bis 10 mm Durchmesser, 140 bis 200 mm lang) nur eine geringe Empfangsspannung abgibt, schaltet man sie mit einer HF-Verstärkerröhre zusammen. Außerdem bildet sie mit einem Drehkondensator von 500 pF einen Schwingkreis, der jeweils auf die Emp-

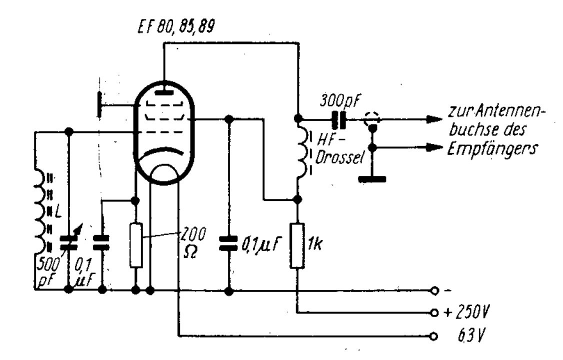



Bild 8.26
Schaltung für eine Ferritantenne mit HF-Röhre

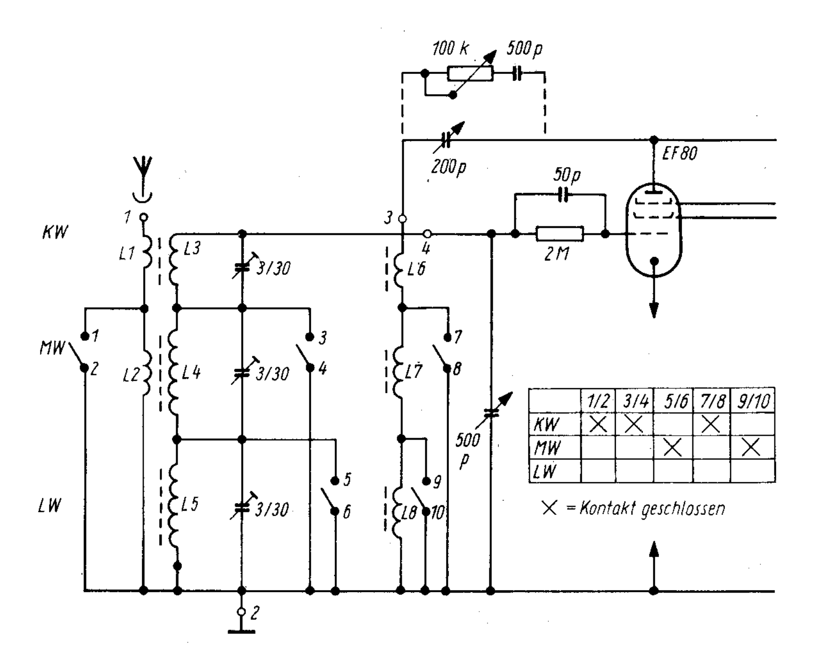
fangsfrequenz abgestimmt wird. Der Ausgang des Empfangsteiles mit der Ferritantenne wird an die Antennenbuchse des Rundfunkempfängers angeschlossen. Man stellt erst den Rundfunkempfänger auf den gewünschten Sender ein und stimmt dann die Ferritantenne mit dem Drehkondensator ab. Die richtige Einstellung erkennt man an dem Lautstärkeanstieg des Rundfunkempfängers. Erst dann dreht man die Ferritantenne so weit, bis ein möglichst störfreier Empfang erzielt ist.

Bild 8.26 zeigt die Schaltung der Ferritantenne mit der HF-Verstärkerröhre *EF 80* (bzw. *EF 85* oder *EF 89*). Den Eingangskreis bildet die Ferritantenne (mit der Spule $L$) mit dem Drehkondensator. Die Katodenkombination ist unkritisch in ihren Werten ($C = 0{,}01$ bis $0{,}1\ \mu F$ und $R = 150$ bis $300\ \Omega$). Das Schirmgitter wird kapazitiv mit 0,1 µF geerdet. Als Arbeitswiderstand im Anodenkreis dient eine hochohmige HF-Drossel, die z. B. aus einer mit dünnem Kupferlackdraht vollbewickelten HF-Eisenkernspule bestehen kann. Über den Kondensator von 300 pF wird die aufgenommene Empfangsspannung an die Antennenbuchse des Rundfunkempfängers geführt. Die Stromversorgung (6,3 V/0,3 A und 250 V/12 mA) kann meist dem nachgeschalteten Rundfunkempfänger entnommen werden. Die Drehvorrichtung für die Ferritantenne stellen wir auf einfache Weise selbst her. Wir bauen die Ferritantenne mit Winkeln auf ein Skalenrad und treiben dieses über einen Seiltrieb an. Die Ferritantenne soll bei dem angegebenen Drehkondensator eine Induktivität von etwa 0,2 mH bilden. Das sind je nach Länge und Durchmesser des Ferritstabes 50 bis 70 Wdg. HF-Litze $20 \times 0{,}05$ mm. Ein genügend genauer Abgleich ist mit einem Grid-Dip-Meter möglich. Der Abstimmbereich für Mittelwelle muß dabei von 510 bis 1620 kHz reichen.

## 8.9. HF-Spulen für Empfangsschaltungen mit Röhrenbestückung

In der DDR werden HF-Spulensätze für den Selbstbau von Geradeausempfängern oder von Superhetempfängern industriell nicht mehr gefertigt. Man kann aber für den Selbstbau auch im Fachhandel angebotene HF-Spulensätze aus der ausgelaufenen Industrieproduktion verwenden. Für den Anschluß eines solchen HF-Spulensatzes an die Schaltung muß man dann das entsprechende Industrieschaltbild zu Rate ziehen.

Beim Selbstbau-HF-Spulensatz verwendet man zur Umschaltung der einzelnen Wellenbereiche einen Kreisumschalter oder einen




| | 1/2 | 3/4 | 5/6 | 7/8 | 9/10 |
|---|---|---|---|---|---|
| KW | X | X | | X | |
| MW | | | X | | X |
| LW | | | | | |

Bild 8.27
HF-Spulensatz KW-MW-LW für einen 1-Kreis-Geradeausempfänger

modernen Tastenschaltersatz mit der erforderlichen Anzahl der Umschaltkontakte. Als HF-Spulenkörper eignen sich alle Bauformen mit verstellbarem HF-Eisenkern (s. Abschnitt 5.). Mit diesem HF-Eisenkern kann man den Wellenbereich am niederfrequenten Bandende bequem abgleichen. Der Abgleich am hochfrequenten Bandende wird mit dem dem HF-Schwingkreis parallelliegenden verstellbaren Trimmerkondensator vorgenommen.
Bild 8.27 zeigt die Schaltung des Spulensatzes für einen Geradeausempfänger mit den Wellenbereichen KW – MW – LW.

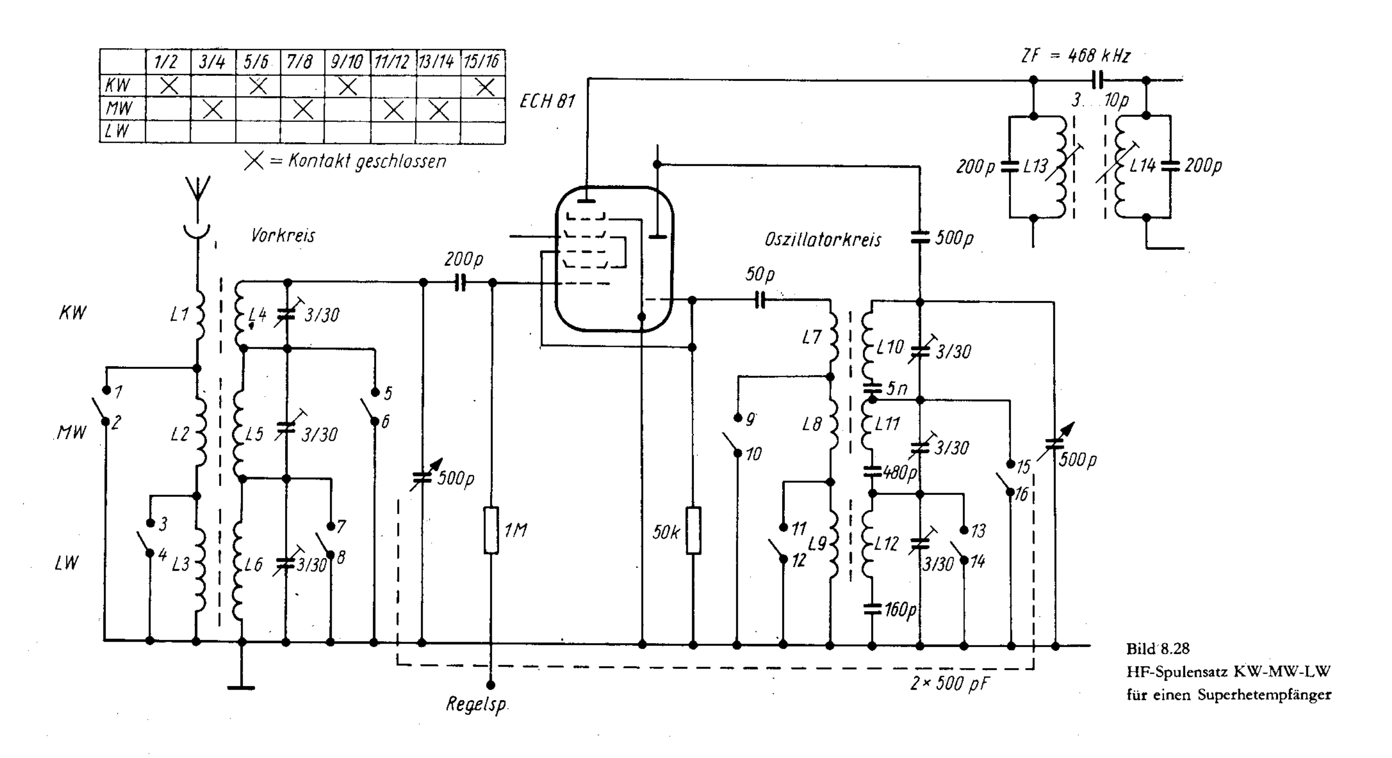
$L_1$ – niederinduktive KW-Antennenkopplungsspule, etwa 1 μH;
$L_2$ – hochinduktive MW-Antennenkopplungsspule, die auch für den LW-Bereich wirksam ist, etwa 1,3 mH;
$L_3$ – KW-Schwingkreisspule, etwa 1,3 μH;
$L_4$ – MW-Schwingkreisspule, etwa 180 μH;
$L_5$ – LW-Schwingkreisspule, etwa 2,0 mH;
$L_6$ – KW-Rückkopplungsspule, etwa 3 bis 6 Wdg.;
$L_7$ – MW-Rückkopplungsspule, etwa 15 bis 30 Wdg.;
$L_8$ – LW-Rückkopplungsspule, etwa 30 bis 70 Wdg.

Erfaßt werden die Wellenbereiche

KW – 6 bis 20 MHz,
MW – 520 bis 1605 kHz,
LW – 150 bis 300 kHz.

Für 3-Kammer-Plastspulenkörper mit verstellbarem HF-Eisenkern gelten etwa folgende Windungszahlen:

$L_1$ – 3 bis 6 Wdg., 0,5-mm-CuL;
$L_2$ – 300 bis 350 Wdg., 0,1-mm-CuL;
$L_3$ – 9 bis 12 Wdg., 0,5-mm-CuL;




| | 1/2 | 3/4 | 5/6 | 7/8 | 9/10 | 11/12 | 13/14 | 15/16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KW | X | | X | | X | | | X |
| MW | | X | | X | | X | X | |
| LW | | | | | | | | |

Bild 8.28
HF-Spulensatz KW-MW-LW
für einen Superhetempfänger

$L_4$ – 120 bis 150 Wdg., HF-Litze 10×0,05 mm;
$L_5$ – 400 bis 450 Wdg., 0,1-mm-CuL;
$L_6$ – 3 bis 6 Wdg., 0,5-mm-CuL;
$L_7$ – 15 bis 30 Wdg., 0,3-mm-CuL;
$L_8$ – 30 bis 60 Wdg., 0,2-mm-CuL.

Die Rückkopplungsspule ist über die Schwingkreisspule zu wickeln; z. B. beide Spulen in 2 Kammern unterbringen, die Antennenspule in der 3. Kammer. Es können aber auch alle 3 Spulen eines Wellenbereiches nach der Windungszahl gleichmäßig auf alle 3 Kammern des Spulenkörpers aufgeteilt werden.
In Bild 8.27 ist noch eine Ersatzschaltung für den Hartpapier-Rückkopplungs-Drehkondensator 200 pF angegeben, der seit Jahren nicht mehr produziert wird. Als neuer Rückkopplungskondensator dient der 500-pF-Kondensator, dessen Wirksamkeit mit dem linearen Potentiometer 100 kΩ verändert wird (Bedämpfung des Rückkopplungskreises).
Für den Selbstbau eines Superhets mit den Wellenbereichen KW – MW – LW zeigt Bild 8.28 die Schaltung des Spulensatzes.

$L_1$ – KW-Antennenkopplungsspule, etwa 1 μH;
$L_2$ – hochinduktive MW-Antennenkopplungsspule, etwa 1,3 mH;
$L_3$ – hochinduktive LW-Antennenkopplungsspule, etwa 6,5 mH;
$L_4$ – KW-Vorkreisspule, etwa 1,3 μH;
$L_5$ – MW-Vorkreisspule, etwa 180 μH;
$L_6$ – LW-Vorkreisspule, etwa 2,0 mH;
$L_7$ – KW-Oszillator-Rückkopplungsspule, etwa 3 bis 8 Wdg.;
$L_8$ – MW-Oszillator-Rückkopplungsspule, etwa 15 bis 30 Wdg.;
$L_9$ – LW-Oszillator-Rückkopplungsspule, etwa 35 bis 60 Wdg.;
$L_{10}$ – KW-Oszillatorkreisspule, etwa 1,25 μH;
$L_{11}$ – MW-Oszillatorkreisspule, etwa 105 μH;
$L_{12}$ – LW-Oszillatorkreisspule, etwa 450 μH;
$L_{13}/_{14}$ – ZF-Schwingkreisspule, etwa 580 μH.

Erfaßt werden die Wellenbereiche

KW – 6 bis 20 MHz,
MW – 520 bis 1605 kHz,
LW – 140 bis 300 kHz.

Für 3-Kammer-Plastespulenkörper mit verstellbarem HF-Eisenkern gelten etwa folgende Windungszahlen:

$L_1$ – 3 bis 6 Wdg., 0,5-mm-CuL;
$L_2$ – 300 bis 350 Wdg., 0,1-mm-CuL;
$L_3$ – 650 bis 700 Wdg., 0,1-mm-CuL;
$L_4$ – 9 bis 12 Wdg., 0,5-mm-CuL;
$L_5$ – 120 bis 150 Wdg., HF-Litze 10×0,05 mm;
$L_6$ – 400 bis 450 Wdg., 0,1-mm-CuL;
$L_7$ – 3 bis 8 Wdg., 0,5-mm-CuL;
$L_8$ – 15 bis 30 Wdg., 0,3-mm-CuL;
$L_9$ – 30 bis 60 Wdg., 0,2-mm-CuL;
$L_{10}$ – 7 bis 11 Wdg., 0,5-mm-CuL;
$L_{11}$ – 70 bis 90 Wdg., 0,3-mm-CuL;
$L_{12}$ – 200 bis 240 Wdg., 0,1-mm-CuL;
$L_{13}/_{14}$ – 230 bis 280 Wdg., HF-Litze 10×0,05 mm.

Verwendet man für ZF-Filterkreise andere Schwingkreiskapazitäten, so ändern sich die Spulenwerte für eine ZF im Bereich von 450 bis 470 kHz wie folgt:

| Kapazität | Induktivität | Windungszahl |
|---|---|---|
| 100 pF | 1,1 mH | 300 bis 350 Wdg. |
| 160 pF | 720 μH | 250 bis 300 Wdg. |
| 200 pF | 580 μH | 220 bis 250 Wdg. |
| 270 pF | 410 μH | 180 bis 220 Wdg. |
| 510 pF | 240 μH | 130 bis 150 Wdg. |
| 1 nF | 120 μH | 80 bis 120 Wdg. |

# 9. Geräte der Elektroakustik

Viele Amateure beschäftigen sich mit der Elektroakustik, sei es mit der Magnetband-Aufnahmepraxis, der Schallplattenwiedergabe oder der HiFi-Technik. Nachfolgend sollen einige Schaltungen besprochen werden, die für die Erweiterung der entsprechenden Anlagen gedacht sind. Probleme der Stereotechnik werden in Abschnitt 13. behandelt, da heute diese Schaltungen ausschließlich mit Transistoren bestückt sind.

## 9.1. Mikrofon-Vorverstärker

Kristallmikrofone geben nur eine geringe Spannung ab, zudem sind sie hochohmig, so daß keine längeren Zuleitungen bis zum eigentlichen Verstärker benutzt werden dürfen. Hat der Verstärker keinen empfindlichen Eingang, muß auf jeden Fall ein besonderer Mikrofon-Vorverstärker vorgeschaltet werden. Bild 9.1 zeigt die Schaltung für einen 2stufigen Mikrofon-Vorverstärker, der für ein handelsübliches Kristallmikrofon (VEB *Funkwerk* Leipzig) geeignet ist. Mit den angegebenen Werten wird eine etwa 170fache Spannungsverstärkung in dem Pentodensystem erreicht. Die nachfolgende Triode trägt nichts mehr zur Verstärkung bei; sie dient lediglich in der Anodenbasisschaltung zur Erreichung eines niederohmigen Ausganges. Bei einem solchen Ausgang kann bis zum eigentlichen Verstärker ein längeres Kabel benutzt werden, ohne daß Höhenverluste oder Brummeinstreuungen auftreten.

Als Mikrofon-Vorverstärkerröhre wird die kling- und brummarme NF-Pentode *EF 86* verwendet (s. *Der praktische Funkamateur*, Band 13, *Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik*). Sie arbeitet in üblicher Katodenbasisschaltung, die Gittervorspannung wird vollautomatisch durch eine Katodenkombination erzeugt. Das hochohmige Kristall-

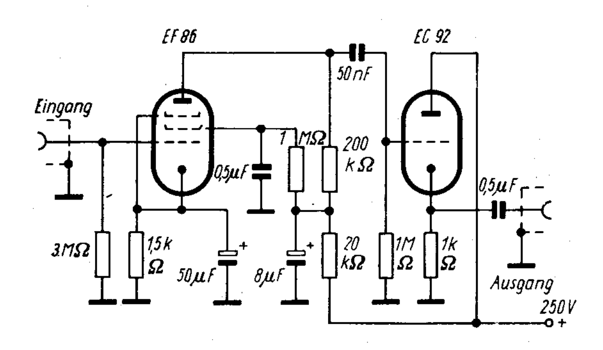



Bild 9.1
Schaltung eines Mikrofon-Vorverstärkers für Kristallmikrofone

mikrofon schließt man über eine abgeschirmte Buchse an das Steuergitter an. Schirmgitterspannung und Anodenspannung werden besonders gut gesiebt, da bei der Verstärkung kleiner Eingangsspannungen ein großer Brummabstand vorhanden sein muß. Diese gute Siebung ist auch bei einem eventuell mit eingebauten, kleinen Stromversorgungsgerät erforderlich. Die Triode *EC 92* wird über RC-Kopplung angeschlossen, und an der Katode kann man über einen Kondensator von 0,5 µF die verstärkte NF-Spannung entnehmen. Da die Verstärkung der Anodenbasisstufe kleiner als 1 ist, kann bei dem beschriebenen Mikrofon-Vorverstärker mit einem Verstärkungsfaktor von etwa 150 gerechnet werden.
Der Aufbau des Mikrofon-Vorverstärkers erfolgt auf einem Chassis, das in ein kleines Blechgehäuse eingebaut wird.

*Stückliste*

Röhre *EF 86* und *EC 92*
Elektrolytkondensator 8 µF (350/380 V)
Elektrolytkondensator 50 µF (6/8 V)
2 Kondensatoren 0,5 µF/250 V
Kondensator 50 nF/250 V
Widerstand 3 MΩ/0,25 W
Widerstand 1 MΩ/0,25 W
Widerstand 1 MΩ/0,5 W
Widerstand 200 kΩ/0,5 W
Widerstand 20 kΩ/0,5 W
Widerstand 1,5 kΩ/0,5 W
Widerstand 1 kΩ/0,5 W
2 Flanschsteckdosen, 3polig

## 9.2. Mischeinrichtung für Verstärker

Zum Durchführen einer eigenen Sendung müssen wir die Möglichkeit haben, verschiedene Tonfrequenzspannungen miteinander zu mischen, z. B. eine Musiksendung mit Mikrofonansagen oder eine Sprachsendung mit Musik zu »untermalen«. Gibt die Tonfrequenzquelle genügend NF-Spannung ab, dann reicht eine Schaltung ohne Verstärkung aus, wie sie Bild 9.2 für die Eingänge *Rundfunk* und *UKW* zeigt. Da diese beiden Sendungen kaum gleichzeitig benötigt werden, verwenden wir ein Potentiometer 2×1 MΩ log. mit Überblendcharakteristik. Die Mittelanzapfung bei 50% des Drehwinkels wird geerdet. Dadurch kann man von einem Programm zum anderen überblenden. In der oberen Endstellung ist z. B. das Rundfunkprogramm am lautesten. Die Lautstärke wird mit beginnendem Drehwinkel immer geringer und bei 50% des Drehwinkels gleich 0. Dreht man das Überblendpotentiometer weiter, so ertönt das UKW-Programm erst leise, dann immer lauter. In der unteren Endstellung ist dieses am lautesten. Bei der Überblendung werden also beide Programme stets nur

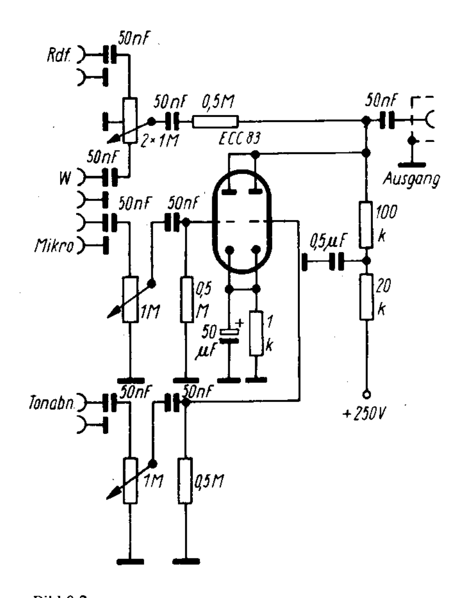


Bild 9.2
Schaltung einer Mischeinrichtung für Verstärker, mit 4 regelbaren Eingängen versehen

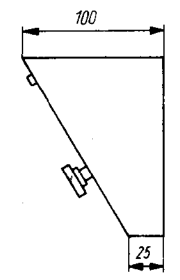
einzeln dem Verstärker zugeführt. Anders ist es bei der Mischung, denn dann können 2 Programme an den Verstärkereingang gelegt werden. Bild 9.2 zeigt eine Mischschaltung für die Eingänge *Mikrofon* und *Tonabnehmer* mit getrennter Verstärkung in je 1 Triodensystem. Die getrennten Programme werden über Lautstärkeregler dem Steuergitter der jeweiligen Triode zugeführt. Die Gittervorspannung für beide Trioden wird durch die gemeinsame Katodenkombination erzeugt. Beide Anoden sind parallelgeschaltet und mischen beide Programme. Natürlich kann man auch *Rundfunk* oder *UKW* mit einem der unteren Programme mischen. Als Röhre wird die Doppeltriode *ECC 83* verwendet. Alle Ein- und Ausgänge sind gleichspannungsfrei durch die Kopplungskondensatoren von 50 nF/250 V. Für den Ausgang benutzt man zweckmäßig eine abgeschirmte 3polige Flanschsteckdose. Für die Eingänge genügen normale 2polige Buchsen mit 19 mm Steckerabstand. Die Stromversorgung kann dem nachgeschalteten Verstärker entnommen werden. Für den Aufbau gibt Bild 9.3 ein Beispiel. Das pultförmig gestaltete Gehäuse bietet eine gewisse Erleichterung bei der Bedienung. Die Röhre *ECC 83* wird liegend eingebaut. An der Rückwand befindet sich eine 3polige Flanschsteckdose für den Ausgang und eine für die Zuführung der Betriebsspannungen.

*Stückliste*

Röhre *ECC 83*
Überblend-Potentiometer 2 × 1 MΩ log.
2 Potentiometer 1 MΩ log.
Elektrolytkondensator 50 µF (6/8 V)
Kondensator 0,5 µF/250 V
8 Kondensatoren 50 nF/250 V
3 Widerstände 500 kΩ/0,25 W
Widerstand 100 kΩ/0,5 W
Widerstand 20 kΩ/0,5 W
2 Flanschsteckdosen, 3polig
4 Telefonbuchsenleisten, 2polig

## 9.3. Schaltung für Mischverstärker mit Klangregelung

Will man eine hochwertige Musikanlage aufbauen, dann genügt das in Abschnitt 9.2. beschriebene einfache Mischpult den Ansprüchen nicht mehr. Man muß dafür eine etwas aufwendigere Schaltung vorsehen. Bei größeren Leistungen wird meist der Endverstärker getrennt aufgebaut. Während des Betriebes sind an ihm keine Einstellungen vorzunehmen, so daß er irgendwo nicht sichtbar untergebracht werden kann. Alle notwendigen Bedienungsteile faßt man in einem Mischverstärker zusammen, den man ohne die Endstufe räumlich klein aufbauen kann. Der Mischverstärker muß demnach die Eingangsregler für die Lautstärke der einzelnen Tonspannungsquellen aufweisen:



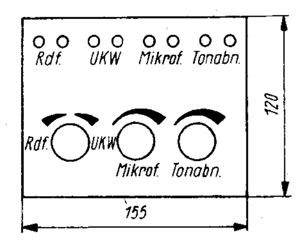



**Bild 9.3**
**Aufbauschema für die beschriebene Mischeinrichtung**

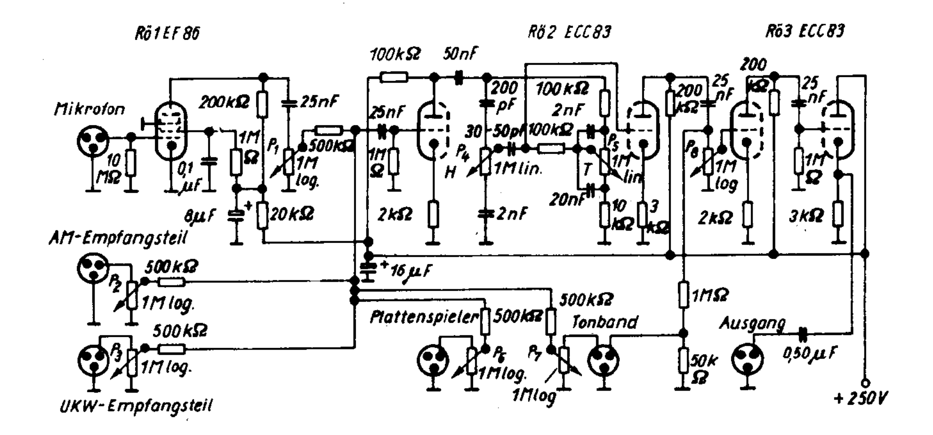



Bild 9.4
Schaltung für einen universellen Mischverstärker mit 5 Eingängen sowie mit getrennter Höhen- und Tiefenregelung

den Hauptlautstärkeregler und die Klangregelung. Für die Klangregelung wendet man vorteilhaft die getrennte Regelung der Höhen und der Tiefen an.

Die Schaltung für einen universell verwendbaren Mischverstärker zeigt Bild 9.4. Bestückt ist das Gerät mit 3 Miniaturröhren, davon 2 Doppeltrioden. Insgesamt 5 Eingänge können miteinander gemischt werden. Alle Eingänge haben einen getrennt voneinander bedienbaren Lautstärkeregler. Die Entkopplung der einzelnen Eingänge erfolgt durch die 500-kΩ-Widerstände vor dem Steuergitter des 1. Triodensystems.

Der Mikrofoneingang ist ausgelegt für ein hochohmiges Kristallmikrofon. Die Eingangsempfindlichkeit beträgt etwa 2 bis 3 mV. Die brumm- und klingarme Röhre *EF 86* hebt das Signal so weit an, daß am Steuergitter des nachfolgenden Triodensystems etwa die gleiche Spannung zur Verfügung steht wie von den anderen Eingängen. Die Empfindlichkeit der anderen Eingänge liegt bei etwa 250 mV. Soll ein weiterer empfindlicher Eingang zur Verfügung stehen (z. B. für ein 2. Mikrofon), so kann die gleiche Schaltung wie beim Mikrofoneingang mit der Röhre *EF 86* verwendet werden. Zwischen den beiden ersten Triodensystemen befindet sich das Klangregel-Netzwerk für die getrennte Regelung der Höhen und der Tiefen. Dieses Klangregel-Netzwerk hat sich in dieser Schaltungsart weitgehend eingebürgert und wird mit geringen Abweichungen der Werte überall in der Verstärkertechnik angewendet. Die hohen (P 4) und die tiefen (P 5) Frequenzen können sowohl angehoben als auch abgesenkt werden (± 15 bis 20 dB). Der unveränderliche Nullpegel liegt bei etwa 1000 Hz. Kritisch ist die Zuführung zum Steuergitter des 2. Triodensystems. Deshalb sollte man die Bauelemente des Klangregel-Netzwerkes in der Nähe dieses Steuergitters eng zusammenbauen. Mit dem Kondensator 30 bis 50 pF lassen sich etwaige Höhenverluste ausgleichen. Am besten wird dafür ein keramischer Trimmer verwendet, den man entsprechend einstellt. Am Steuergitter des 3. Triodensystems liegt ein Lautstärkeregler, mit dem man meist den Endverstärker aussteuert. Er wirkt für alle angeschlossenen Tonspannungsquellen. Gleichzeitig

zweigt vor dem Lautstärkeregler über dem Spannungsteiler 1 MΩ/50 kΩ eine Leitung ab, die die Aufsprechspannung für das Magnetbandgerät führt. Damit können Magnetbandaufnahmen von den 4 anderen Eingängen vorgenommen werden, also Mikrofon-, AM-, FM- oder Schallplattenaufnahmen. Da beim Magnetbandgerät an einer 3poligen Flanschbuchse sowohl der Eingang als auch der Ausgang liegen, kann der Anschluß am Mischverstärker über ein gemeinsames Kabel mit 2 Adern und einer Abschirmung erfolgen. Genauso geschaltet ist die Diodenbuchse bei einem modernen Rundfunkgerät. Das letzte Triodensystem soll einen niederohmigen Ausgang für die Tonfrequenzspannung ermöglichen. Deshalb arbeitet die Triode als Anodenbasisstufe. Über einen Kondensator von 0,5 μF liegt die Ausgangsspannung an einer Flanschbuchse. Der niederohmige Ausgang ist vor allem dann wichtig, wenn eine längere Zuleitung zum Hauptverstärker erforderlich wird. Man vermeidet dadurch Brummeinstreuungen und empfindliche Höhenverluste, die bei hochohmigen Leitungen leicht auftreten.

Werden der Mischverstärker und der Endverstärker zusammengebaut (z. B. mit 12-W-Endverstärker), so erfolgt selbstverständlich die Stromversorgung aus einem gemeinsamen Netzteil. Bei nicht zu weiter räumlicher Trennung kann man die Stromversorgung aus dem Netzteil des Endverstärkers vornehmen. Günstiger ist es aber – im Hinblick auf eine universelle Benutzung des Gerätes –, für den Mischverstärker eine eigene Stromversorgung vorzusehen. Man beachte eine gute Siebung der gleichgerichteten Spannung. Auf jeden Fall ist eine Siebdrossel einem Siebwiderstand vorzuziehen. Als Elektrolytkondensatoren kommen nur Typen mit einer Kapazität von mindestens 50 μF in Frage. Die Heizspannung sollte mit einem Trimm-Potentiometer von etwa 100 Ω symmetriert werden. Ein großer Brummspannungsabstand erhöht auf jeden Fall die Wiedergabequalität. Die Konstruktion kann man nach Belieben durchführen. Es empfiehlt sich eine flache Bauform mit einer Höhe von ungefähr 100 mm.

## 9.4. NF-Verstärker für 4 W

Dieser Verstärker wurde für den Schallplattenfreund entworfen, der sich gern einen kleinen tragbaren Phonokoffer bauen möchte. Ein solcher Phonokoffer enthält neben dem Plattenspielerchassis einen Verstärker und den dazugehörigen Lautsprecher. Soll der Lautsprecher im Gehäusedeckel untergebracht werden, so muß man einen Flachlautsprecher des VEB *Funkwerk* Leipzig verwenden. Der VEB *Funkwerk* Leipzig stellte 2 Typen her: den Flachlautsprecher *L 3358 PFL* für eine Nennbelastbarkeit von 2 VA und den *L 2655 PFL* für 4 VA. Für den Phonokoffer genügt der kleine Lautsprecher mit einem Korbdurchmesser von 165 mm und einer Einbautiefe von 56 mm. Die Schwingspulenimpedanz dieses Lautsprechers beträgt 3,6 Ω. Soll der Lautsprecher an einer Seite des Kofferunterteiles angebracht werden, so bevorzugt man wegen der geringen Höhe einen Ovallautsprecher. Dafür sind die Ovallautsprecher *L 2258 PBO* oder *L 2759 PBO* vom gleichen Betrieb geeignet. Der Korbdurchmesser beträgt 155 mm × 215 mm, die Einbautiefe 77 mm. Außerdem genügt die Schaltung auch den Ansprüchen des Amateurs für eine kleine Heimanlage und kann zu diesem Zweck in ein entsprechendes Gehäuse eingebaut werden. Der Verstärker ist 3stufig aufgebaut; als Endröhre wird eine *EL 84* verwendet (Bild 9.5).

Damit steht eine Leistung von etwa 4 W zur Verfügung, die man in Räumen kaum voll einsetzt. Im Vorverstärker wird die

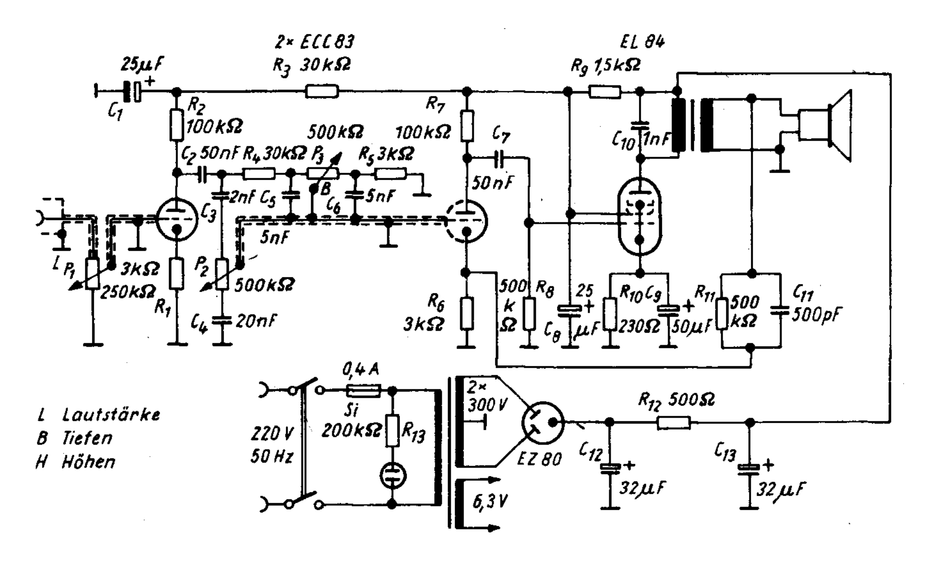



Bild 9.5
Schaltung für einen NF-Verstärker mit 4 W Ausgangsleistung

Röhre *ECC 83* benutzt, die genügend Verstärkung ergibt, so daß eine wirksame, getrennt wirkende Höhen- und Tiefenregelung sowie eine Gegenkopplung angewendet werden können. Im Eingang des Verstärkers liegt der Lautstärkeregler $P_1$, zwischen den beiden Vorröhrensystemen das Klangregel-Netzwerk mit den beiden Potentiometern $P_2$ (Höhen) und $P_3$ (Tiefen, Bässe). Die Katodenwiderstände $R_1$ und $R_6$ sind kapazitiv nicht überbrückt. Von der Sekundärseite des Ausgangstransformators gelangt eine Wechselspannung über $R_{11}$ und $C_{11}$ zur Katode der 2. Vorröhre und bewirkt die Gegenkopplung. Die Kopplungskondensatoren $C_2$ und $C_7$ sind mit 50 nF reichlich bemessen, damit auch eine Übertragung der tiefen Frequenzen ohne wesentlichen Abfall möglich ist. Mit Siebkondensatoren ($C_1$ und $C_8$) wurde nicht gespart, so daß man eine brummfreie Wiedergabe erhält.

Der Netzteil weist keine besonderen Schwierigkeiten auf. Es genügt ein Netztransformator, der eine Anodenspannung von 2×300 V bei 50 bis 60 mA und eine Heizspannung von 6,3 V bei etwa 2 A abgibt. An Stelle des Siebwiderstandes $R_{12}$ kann auch eine kleine Netzdrossel für 60 mA angeordnet werden. Den Netzeinschalter kombiniert man mit dem Lautstärkeregler $P_1$. Die Heizspannung wird entweder einseitig an Masse gelegt oder mit einem Entbrummregler symmetriert. Beide Reglerenden liegen dabei an der Heizspannung, während der Schleifer mit Masse verbunden ist. Bei eingeschaltetem Verstärker wird dieser Regler auf minimales Brummen eingestellt. Für den Aufbau des Verstärkers gibt Bild 9.6a die Abmessungen an. Die Höhe des Chassis beträgt etwa 50 mm. Das Chassis selbst wird aus 2-mm-Aluminiumblech gefertigt.
Bild 9.6b zeigt die Anordnung der einzelnen elektrischen Bauelemente. Als Eingangsbuchse findet eine 3polige Flanschsteckdose Verwendung, wie sie für den Magnetbandanschluß in modernen Rundfunk-

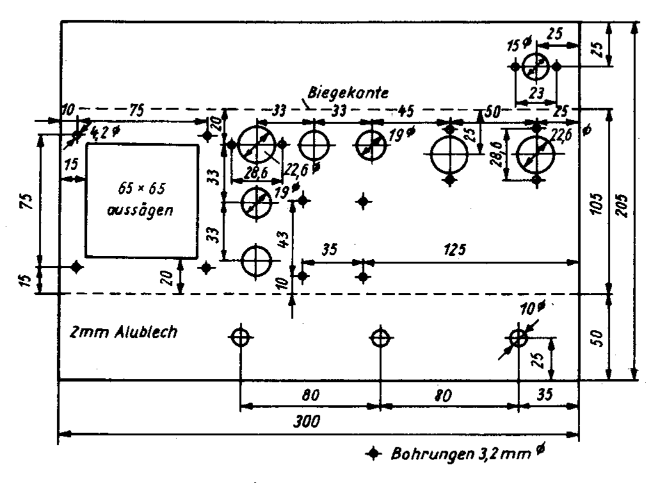



Bild 9.6a
Maßskizze für die Bohrungen und Durchbrüche des NF-Verstärker-Chassis

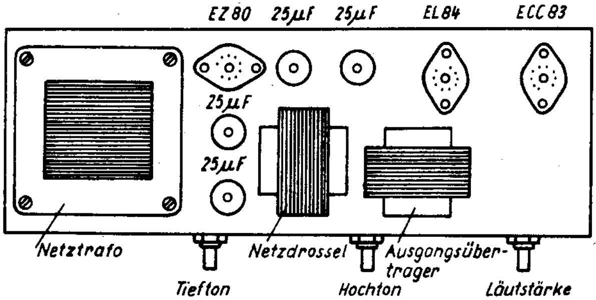



Bild 9.6b
Aufbauschema für das Chassis des NF-Verstärkers

empfängern üblich ist. Der Ausgangstransformator wird neben der Siebdrossel oberhalb des Chassis angeordnet. Um magnetische Einflüsse zu vermeiden, müssen beide Blechpakete senkrecht zueinander stehen. Die Primärimpedanz des Ausgangstransformators beträgt für die Röhre *EL 84* 5,6 kΩ. Die Sekundärimpedanz muß mit der Schwingspulenimpedanz des verwendeten Lautsprechers übereinstimmen. Zur Anzeige des Betriebszustandes dient die Glimmlampe, die mit dem Vorwiderstand am Netz liegt. Zum besseren Verdrahten befindet sich unterhalb des Chassis eine 12polige Lötösenleiste, die vor den Röhrensockeln angeordnet wird. Bild 9.7 zeigt den fertiggestellten Verstärker.

*Stückliste*

Röhren *ECC 83*, *EL 84*, *EZ 80*
Netztransformator N 85/580 617 (*Neumann*)
Netzdrossel D 55/60
$C_1$ 25 µF Elektrolytkondensator (350/380 V)
$C_2$ 50 nF/250 V
$C_3$ 2 nF/250 V
$C_4$ 20 nF/250 V
$C_5$ 5 nF/250 V
$C_6$ 5 nF/250 V
$C_7$ 50 nF/250 V
$C_8$ 25 µF Elektrolytkondensator (350/380 V)
$C_9$ 50 µF Elektrolytkondensator (30/35 V)
$C_{10}$ 1 nF/250 V
$C_{11}$ 500 pF/250 V

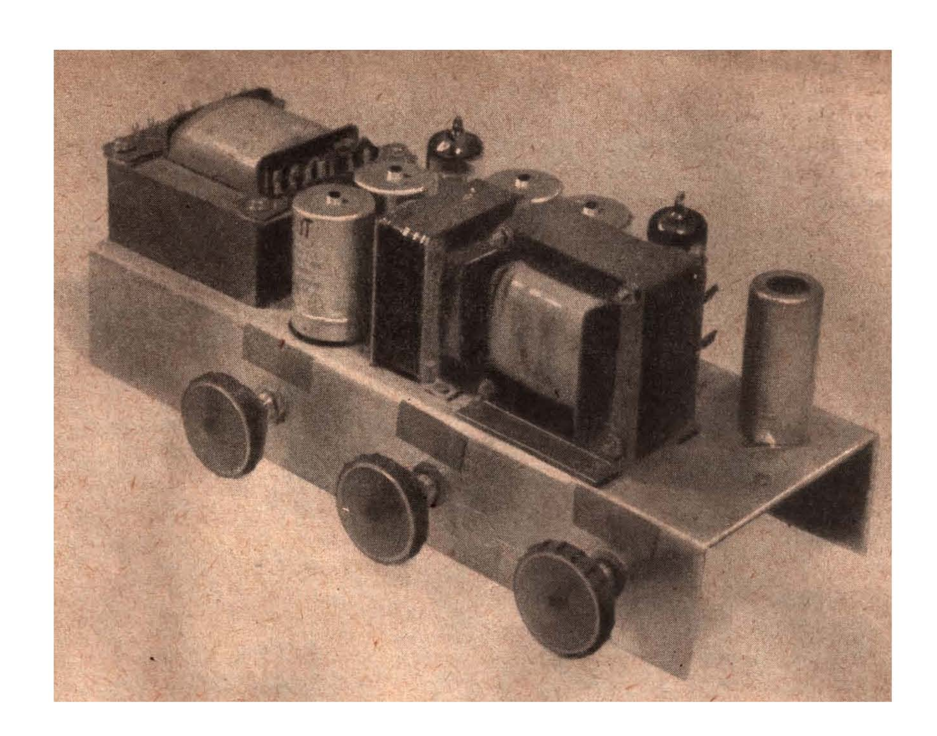


Bild 9.7
Blick auf das Chassis des fertiggestellten 4-W-NF-Verstärkers

$C_{12}$ 32 µF Elektrolytkondensator (500/550 V)
$C_{13}$ 32 µF Elektrolytkondensator (500/550 V)
Gl Glimmlampe, 3polig
Feinsicherung 0,4 A mit Halterung,
Lautsprecher permanentdynamisch, 4 bis 6 VA
Ausgangstransformator, primär 5,6 kΩ
$R_1$ 3 kΩ/0,5 W (Katode)
$R_2$ 100 kΩ/0,5 W
$R_3$ 30 kΩ/0,5 W
$R_4$ 30 kΩ/0,25 W
$R_5$ 3 kΩ/0,25 W
$R_6$ 3 kΩ/0,5 W
$R_7$ 100 kΩ/0,5 W
$R_8$ 500 kΩ/0,25 W
$R_9$ 1,5 kΩ/0,5 W
$R_{10}$ 230 Ω/2 W
$R_{11}$ 500 kΩ/0,25 W
$R_{12}$ 500 Ω/3 W
$R_{13}$ 200 kΩ/0,25 W
$P_1$ Potentiometer 250 kΩ log., mit Schalter
$P_2$ Potentiometer 500 kΩ lin.
$P_3$ Potentiometer 500 kΩ lin.

## 9.5. NF-Verstärker für 12 W

Der Endverstärker einer Musikanlage wird meist getrennt aufgebaut, wenn man einen Mischverstärker benutzt, in dem alle bedienbaren Organe zusammengefaßt sind. Am Endverstärker ist nunmehr lediglich der Netzschalter zu bedienen, um das Gerät unter Spannung zu setzen. Eine Eingangsempfindlichkeit von etwa 500 mV erfordert

dann nur eine Triodenvorstufe und eine Phasenumkehrstufe zur Ansteuerung der Gegentakt-Endstufe. Verwendet man für diese Stufen eine Doppeltriode, so kommt man bei diesem Verstärker mit 3 Röhren aus. Zusätzlich ist 1 Gleichrichterröhre für die Stromversorgung notwendig.
Eine bewährte Schaltung für einen Leistungsverstärker zeigt Bild 9.8. Der Eingang liegt an einer 3poligen Flanschbuchse, an die der Ausgang des in Abschnitt 9.3. beschriebenen Mischverstärkers angeschlossen wird. Das 1. Triodensystem arbeitet in normaler Schaltung mit kapazitiv überbrücktem Katodenwiderstand als NF-Verstärker, das 2. Triodensystem als Phasenumkehrröhre, da die beiden in Gegentakt geschalteten Endröhren 2 Steuerspannungen benötigen, die gegeneinander um 180° in der Phasenlage verschoben sind. Die Katode der Phasenumkehrröhre wird mit einem Widerstand von der Größe des Arbeitswiderstandes hochgelegt. Dadurch erhält man als Spannungsabfall über den beiden Widerständen die gewünschten Steuerspannungen. Die beiden Katoden der 2 Endröhren werden parallelgeschaltet und erhalten einen gemeinsamen Katodenwiderstand von 130 Ω den man mit einem Niedervolt-Elektrolytkondensator von 100 bis 200 µF überbrückt.
Zur Unterdrückung von Selbsterregungen liegen bei beiden Endröhren vor dem Steuer- und Schirmgitter 100-Ω-Widerstände. Der Ausgangskreis ist normal geschaltet; Anoden an den Enden der Primärwicklung und die Schirmgitter mit der Gleichspannungsführung in der Mitte der Primärwicklung. An der Sekundärseite des Ausgangstransformators wird der Lautsprecher bzw. eine Lautsprecherkombination angeschlossen. In der Zuleitung zu den Schirmgittern liegt eine Skalenlampe L (10 V/0,05 A) zur Aussteuerungsanzeige.
Für die Stromversorgung empfiehlt sich ein Netzteil mit Zweiweg-Gleichrichtung. Je nachdem, ob man den Mischverstärker mit aus diesem Netzteil versorgen will oder nicht, muß die Gleichspannung mit 120 bis 150 mA belastet werden können. Für die Gleichrichtung wird die Röhre *EZ 81* verwendet. Die Heizwicklungen für 6,3 V sind entsprechend auszulegen. Zur Siebung der Gleichspannung genügen beim Endverstärker 2 Elektrolytkondensatoren von 50 µF und 1 Siebdrossel von 10 bis 15 H bei der entsprechenden Strombelastung. Die Wiedergabequalität des Endverstärkers hängt in starkem Maße von der Güte des verwendeten Ausgangstransformators ab. Je tiefere Frequenzen übertragen werden sollen, desto größer muß der Eisenkernquerschnitt des

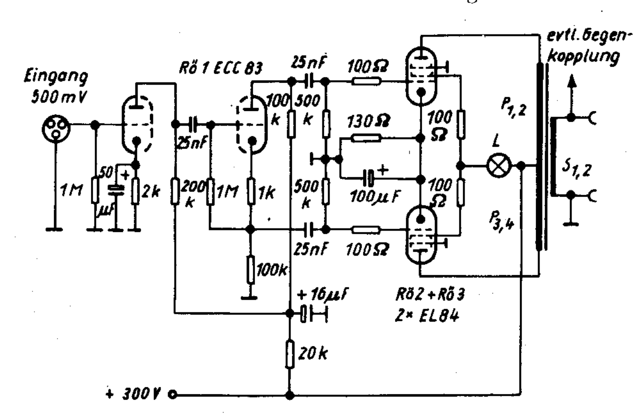



Bild 9.8
Schaltung für einen NF-Verstärker mit 12 W Ausgangsleistung

Ausgangstransformators sein. Die Übertragung der hohen Frequenzen hängt von der Wicklungskapazität ab. Je geringer die Wicklungskapazität, um so weiter kann der übertragene Frequenzbereich nach höheren Frequenzen hin ausgedehnt werden. Gefordert wird für eine gute Wiedergabequalität (HiFi-Technik) ein Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz. Für die tiefen Frequenzen steht ein genügend großer Eisenkernquerschnitt zur Verfügung. Aber eine kleine Wicklungskapazität läßt sich nur verwirklichen, wenn man die Wicklungen aufteilt oder den Spulenkörper des Ausgangstransformators mit mehreren Kammern ausführt.

Die für den Ausgangstransformator der Schaltung in Bild 9.8 notwendigen Wicklungen wurden deshalb jeweils in 2 Wicklungen unterteilt, die man nach dem Wickeln parallelschaltet. Als Transformatorkern wird der Typ *M 74/32* oder besser *M 85/32* verwendet. Die Eisenkerndaten kann man der Tabelle im Anhang entnehmen. Als Blechsorte wird das übliche Dyn.-Bl. IV × 0,5 verwendet. Die Wicklungen sehen wie folgt aus:

| Wicklungsteil | Windungszahl | Drahtstärke mm |
|---|---|---|
| $P_1$ | 1650 | 0,11 |
| $S_1$ | 96 | 0,60 |
| $P_2$ | 1650 | 0,11 |
| $P_3$ | 1650 | 0,11 |
| $S_2$ | 96 | 0,60 |
| $P_4$ | 1650 | 0,11 |

Die Wicklungen sind auch in dieser Reihenfolge auf den Spulenkörper zu wickeln. Nach dem Aufbringen der Transformatorbleche, die man wechselseitig ohne Luftspalt schichtet, werden die Wicklungen wie folgt geschaltet:

$P_1$ und $P_2$ Anfang und Ende jeweils parallel

$S_1$ und $S_2$ Anfang und Ende jeweils parallel

$P_3$ und $P_4$ Anfang und Ende jeweils parallel

$P_{1,2}$ Ende und $P_{3,4}$ Anfang parallelschalten (bildet Mittelanzapfung)

Dieser Ausgangstransformator hat primärseitig eine Impedanz von 8 kΩ, sekundärseitig von 7,5 Ω. Es ist also möglich, 1 Lautsprecher mit einer Schwingspulenimpedanz von 7,5 Ω anzuschließen oder 2 Lautsprecher von 15 Ω parallelliegend.

Die Wiedergabe wird bei geringerem Klirrfaktor weiter verbessert, indem man eine Gegenkopplung von der Sekundärseite des Ausgangstransformators zur Katode der Tri-

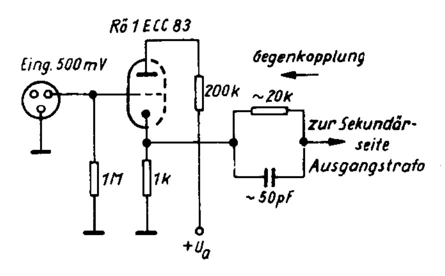



Bild 9.9
Gegenkopplungsschaltung für den 12-W-Verstärker

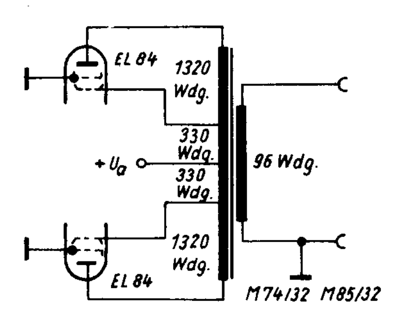



Bild 9.10
Endstufe des 12-W-Verstärkers in Ultralinearschaltung

odenvorstufe anwendet. Die Schaltung dafür ist aus Bild 9.9 ersichtlich. Die Sekundärwicklung muß dazu einseitig geerdet werden. Die genauen Werte des *RC*-Gliedes der Gegenkopplung sind durch Versuche zu ermitteln. Eine weitere Möglichkeit, den Verstärker zu verbessern, ist die Anwendung der Ultralinearschaltung für die Gegentakt-Endstufe. Dabei liegen die Schirmgitter an Anzapfungen der Primärwicklungen des Ausgangstransformators. Das Anzapfverhältnis wird mit etwa 20% gewählt. Die Schaltung zeigt Bild 9.10, aus dem man auch die Windungszahlen ersehen kann.

## 9.6. Lautsprechergehäuse

Moderne Breitbandlautsprecher gestatten eine qualitativ gute Musikwiedergabe. Aber dem verwöhnten Musikliebhaber genügt das meist noch nicht. Neben der brillanten Wiedergabe der hohen Töne verlangt er auch eine verzerrungsfreie Wiedergabe der tiefen Töne. Die Brillanz in der Höhenwiedergabe erreicht man durch zusätzliche Hochtonlautsprecher. Diese Lautsprecher haben einen kleinen Durchmesser und eine sehr hart gelagerte Membran. Dadurch strahlt dieser Lautsprecher nur höhere Tonfrequenzen über 5000 Hz aus.

Für die Abstrahlung tiefer Frequenzen ist beim Lautsprecher ein großer Durchmesser und eine sehr weich gelagerte Membran erforderlich. Will man eine vollendete Baßwiedergabe damit erreichen, dann muß das Lautsprechergehäuse eine bestimmte Größe haben. Ist es zu klein, so werden die tiefen Töne akustisch kurzgeschlossen. Das wirkt sich in einem sehr schlechten Wirkungsgrad der Baßwiedergabe aus, die außerdem nicht verzerrungsfrei erfolgt. Die normalen Gehäuse von Rundfunkempfängern sind z. B. schon zu klein. Deshalb versucht man, durch elektrische Schaltungskniffe die Baßwiedergabe zu verbessern. Schon wesentlich vorteilhafter ist die Wiedergabe bei größeren Musiktruhen, die aber nicht jeder Musikliebhaber besitzt.

Was kann man tun, um eine bessere Wiedergabequalität zu erreichen, sei es bei Rundfunksendungen, bei Schallplatten oder bei Magnetbandaufnahmen? Voraussetzung ist natürlich, daß eine moderne, einwandfreie Verstärkeranlage zur Verfügung steht, etwa ein neuzeitlicher Rundfunkempfänger. Nun muß man für die Baßwiedergabe ein größeres Gehäuse schaffen. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten: den Eckenlautsprecher oder die Baßreflexbox.

### 9.6.1. Eckenlautsprecher

Bild 9.11 zeigt die Skizze für einen Eckenlautsprecher, der sich vor allem preislich sehr günstig stellt. Er besteht aus einer 500 mm breiten Holzplatte mit einer Länge von 1500 mm. Die beiden Längskanten der 10 bis 15 mm starken Schallwand sind auf 45° abgeschrägt, damit sie sich gut an die Zimmerecke anpassen läßt. Zur Abdichtung wird auf die abgeschrägten Kanten ein entsprechend breiter Filzstreifen von 5 bis 10 mm Stärke aufgeleimt. Das obere Ende deckt man mit einer dreieckigen Holzplatte ab, deren Kanten, an die Wand anstoßend, ebenfalls mit Filzstreifen belegt werden. Beim Aufhängen in der Zimmerecke ist darauf zu achten, daß die untere Kante der Schallwand etwa 10 cm über dem Fußboden steht. Durch den Eckeneinbau wird eine günstige Schallverteilung erreicht. Mit einem einzigen Breitbandlautsprecher, also Lautsprecher mit Hochtonkegel, erhält man eine Wiedergabe von ausgezeichneter Qualität.

Für den Lautsprecher enthält die Schallwand eine entsprechende Öffnung, etwa 150 bis 200 mm von der oberen Kante entfernt. Der Durchmesser der Öffnung richtet sich nach

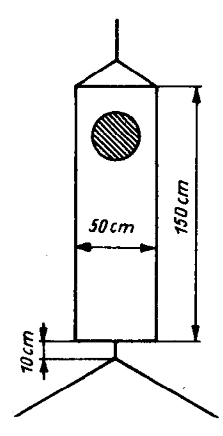



Bild 9.11
Maßskizze für den beschriebenen Eckenlautsprecher

dem verwendeten Lautsprecher. Ist der Lautsprecher oval, kann die Öffnung oval oder rechteckig sein. Nach der Fertigstellung wird die Schallwand mit einem passenden Stoff bespannt und mit Zierleisten aus Holz oder Metall versehen. Soll neben der ausgezeichneten Baßwiedergabe eine brillante Höhenabstrahlung erreicht werden, kann man in den dreieckigen Deckel einen kleinen Hochtonlautsprecher einbauen. Den Einbau sollte man so vornehmen, daß die Abstrahlung schräg nach oben erfolgt; auf diese Art sorgt die Zimmerdecke als Reflektor für eine zusätzliche Hochtonverteilung.
Als Breitbandlautsprecher können alle größeren Typen über 3 W Belastung verwendet werden. Allerdings sollte man unbedingt Lautsprecher mit einem permanentmagnetischen System verwenden. Diese erkennt man daran, daß auf der Korbrückseite ein großer Magnet angebracht ist. Bei elektrodynamischen Systemen muß ein Netzgerät für die Erregung der Feldspule vorgesehen werden. Das ist ziemlich aufwendig und daher nicht billig. Als Lautsprecher werden die Typen des VEB *Funkwerk* Leipzig empfohlen. Diese haben bei einer Belastung von 4 W einen Korbdurchmesser von 200 mm und bei 8 W einen solchen von etwa 250 mm. Im einschlägigen Handel sind diese Lautsprecherchassis zu erhalten.
Der Anschluß des fertiggestellten Eckenlautsprechers erfolgt am Rundfunkempfänger an den Buchsen für den 2. Lautsprecher. Ist dieser Anschluß niederohmig, so kann die Schwingspule des Lautsprechers an diesen direkt angeschlossen werden. Haben wir jedoch einen hochohmigen Anschluß, so brauchen wir einen zusätzlichen Ausgangstransformator. Der Ausgangstransformator wird zwischen Lautsprecher und Rundfunkempfänger geschaltet. Den zu verwendenden Typ erfragt man am besten beim Fachmann in einer Rundfunkwerkstatt.

### 9.6.2. Baßreflexgehäuse

Will man für die Baßwiedergabe ein geschlossenes Gehäuse mit nur einer Öffnung für den Lautsprecher verwenden, so ergeben sich sehr große Abmessungen. In einem Wohnraum läßt sich aber ein solch großer Gegenstand schlecht unterbringen. Durch eine 2. Öffnung am Gehäuse (rechteckiger Ausschnitt) ergeben sich wesentlich geringere Abmessungen. Bild 9.12 zeigt ein derartiges Gehäuse im Querschnitt. Es erfolgt eine direkte Schallabstrahlung durch die Lautsprechermembran, außerdem eine Schallabstrahlung durch den unteren Schlitz. Die Größe des Schlitzes muß dabei bestimmten Anforderungen genügen, damit die durch die Membran im Gehäuse bewirkten Luftdruckschwankungen phasenrichtig nach vorn abgestrahlt werden.
Bild 9.13 stellt die Konstruktionsskizze für den Eigenbau einer Baßreflexbox dar. Die Abmessungen richten sich nach dem jeweils verwendeten Lautsprecherdurchmesser. Dafür gibt nachfolgende Tabelle die entsprechenden Abmessungen an. Um die Zeichnung (Bild 9.13) nicht zu unübersichtlich zu

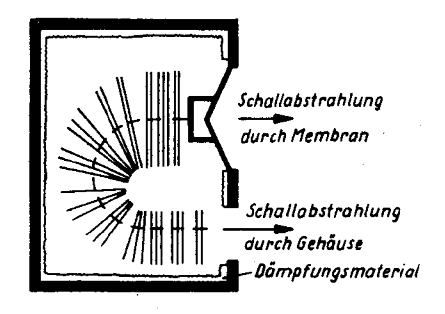



Bild 9.12
Schallabstrahlung bei einer Baßreflexbox

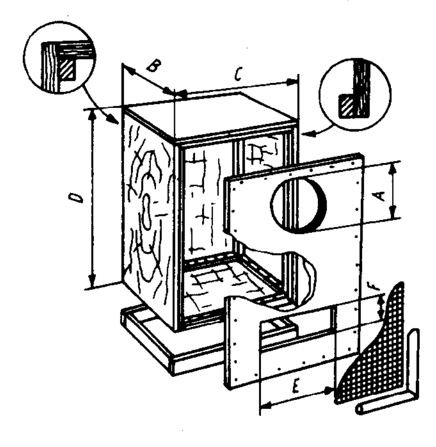



Bild 9.13
Maßskizze für die beschriebene Baßreflexbox; Abmessungen: siehe nebenstehende Tabelle

gestalten, wurden die Abmessungen B, C und D an die Außenkanten des Gehäuses gelegt. Zu verstehen sind darunter aber die Innenmaße (Luftraum) des Gehäuses. Zu den angegebenen Abmessungen muß deshalb die Stärke der Holzwandung und des Isoliermaterials addiert werden.

Das Gehäuse soll sehr stabil aufgebaut sein. Es muß unbedingt vermieden werden, daß Teile des Gehäuses mitschwingen. Die Wände fertigen wir deshalb aus 20 mm starkem Holz. Zur Versteifung dienen Leisten aus Vierkantholz von 30 mm × 30 mm. Wichtig ist das Verleimen aller Stoßstellen und Fugen, obwohl genagelt und geschraubt wird. Steht kein genügend starkes Holzmaterial für die Wände der Baßreflexbox zur Verfügung, kann man auch folgenden Weg beschreiten: Man nimmt 4 bis 6 mm starkes Sperrholz und belegt damit einen Rahmen aus Vierkantholz (15 mm × 15 mm), der die Abmessungen einer Gehäusewand hat. Der Zwischenraum wird mit feinem, trockenem Sand ausgefüllt, den man fest einstampft.

| Lautsprecherdurchmesser cm | Innenabmessungen cm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F |
| 15 | 14 | 20 | 35 | 49 | 14 | 9 |
| 20 | 17 | 24 | 40 | 55 | 17 | 9 |
| 25 | 22 | 26 | 49 | 66 | 22 | 11 |
| 30 | 27 | 28 | 55 | 72 | 26 | 14 |
| 38 | 35 | 31 | 62 | 83 | 35 | 13 |

Um unerwünschte Resonanzeffekte des Gehäuses zu vermeiden, wird der Innenraum der Baßreflexbox mit einem dämpfenden Material ausgekleidet. Dafür eignet sich neben Filz auch Glaswolle, Piatherm (Kunstschaumstoff) oder Polsterwatte. Die Befestigung des Dämpfungsmaterials erfolgt durch entsprechend lange Nägel mit großem Kopf. Bei Nägeln mit kleinem Kopf legt man ein Pappstück unter. Die Stärke des Dämpfungsmaterials soll etwa 20 bis 40 mm betragen. Je nach handwerklichem Geschick und den vorhandenen Möglichkeiten kann man das äußere Aussehen der Baßreflexbox gestalten. Auf jeden Fall empfiehlt es sich, die Vorderfront mit Bespannstoff zu beziehen. Dieser Stoff sollte grob gewebt

sein, damit er gut luftdurchlässig ist. Es eignet sich besonders Bespannstoff, wie er bei Rundfunkgeräten verwendet wird. An den Kanten kann man dann Zierleisten anbringen. Durch Beizen erhalten die Außenwände ein ansehnliches Aussehen. Bei einem Tischler kann man auch Furnier aufleimen lassen. Mit Beize, Lack und durch längeres Polieren bringt man die Baßreflexbox dann auf Hochglanz.

Wenn die entsprechenden Aufstellmöglichkeiten gegeben sind, sollte ein Lautsprecher mit großem Durchmesser verwendet werden. Je größer der Lautsprecherdurchmesser, desto besser die Baßwiedergabe! Um den Luftraum des Gehäuses auf Resonanz abstimmen zu können, wird durch eine verschiebbare Abdeckung der Schlitz im Baßreflexgehäuse abstimmbar gemacht. Will man einen ovalen Lautsprecher verwenden, so muß auch die Gehäuseöffnung für den Lautsprecher oval ausgeführt werden. Das fertige Baßreflexgehäuse setzt man auf einen Holzrahmen, wie er aus Bild 9.13 ersichtlich ist. Die Höhe beträgt etwa 50 bis 100 mm. Selbstverständlich kann man auch zusätzliche Hochtonlautsprecher in die Baßreflexbox einbauen. Diese läßt man schräg gegen die Zimmerdecke strahlen, damit dort eine weitgehende Streuung erfolgt.

## 9.7. Kombination einer Musikanlage

Neben den Funkamateuren, die sich der Kurzwellen- und der UKW-Technik verschrieben, gibt es eine ganze Anzahl Menschen, die sich die Tonaufnahme und Tonwiedergabe zum Hobby erwählt haben. Dabei streben sie ein Höchstmaß an qualitativ guter Tonwiedergabe an. Dafür hat sich der Ausdruck »HiFi« eingebürgert (high fidelity = hohe Wiedergabegüte). Man spricht von HiFi-Empfängern, HiFi-Verstärkern usw. Solche HiFi-Anlagen – oder besser Musikanlagen – können nach unterschiedlichen Gesichtspunkten aufgebaut werden. Die einfachste Anlage besteht aus einem modernen AM/FM-Empfänger und einem 4tourigen Plattenspieler (16 – 33 – 45 – 78 Umdrehungen je Minute). Damit können Rundfunkprogramme empfangen und Schallplatten wiedergegeben werden.

Eines Tages wird dann die Tonwiedergabe des Rundfunkempfängers das kritische Ohr nicht mehr befriedigen. Es geht an den Bau eines Mischverstärkers, eines Leistungsverstärkers und einer Lautsprecherkombination. Damit kommt man Schritt für Schritt zu einer umfangreichen Musikanlage, wie sie als Übersichtsschaltplan in Bild 9.14 gezeigt wird. Übriggeblieben sind von den ursprünglichen Anschaffungen nur noch der Plattenspieler und das Magnetbandgerät. Alles andere wurde nach und nach ausgebaut und auf höchste Tonqualität »gezüchtet«.

Moderne Plattenspieler und Magnetbandgeräte genügen den hohen Anforderungen an eine gute Tonqualität. Beim Empfang von Rundfunksendungen sieht das schon anders aus. Empfängt man im UKW-Bereich, so ist bei richtiger Einstellung und nicht zu großer Entfernung vom Sender mit einer normalen UKW-Antenne eine gute Tonqualität gewährleistet. Bei Mittelwelle trifft das aus verschiedenen Gründen nicht mehr zu. Hier ist das Kuriose, daß man mit einem normalen Detektorempfänger die beste Tonwiedergabe erzielt. Diese Arbeitsweise kann man allerdings nur dann anwenden, wenn es in der Nähe einen leistungsstarken Ortssender gibt. Sonst zieht man eine 2-Kreis-Schaltung ohne Rückkopplung einem Superhetempfänger vor, weil der ZF-Verstärker des Superhetempfängers in der Bandbreite schmaler ausgelegt ist als die vom Sender übertragene NF-Bandbreite. Langwellenempfang scheidet wegen der auftretenden atmosphärischen Störungen aus, Kurzwel-

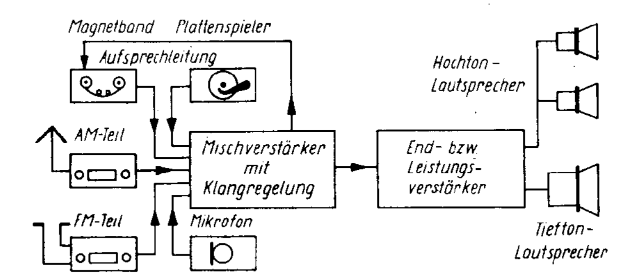



Bild 9.14
Prinzipdarstellung einer kompletten hochwertigen Musikanlage

lenempfang wegen der Störungen und Schwunderscheinungen.
Sämtliche Tonfrequenzquellen werden an den Eingang des Mischverstärkers gelegt. Mit Potentiometern kann man dann jeweils einer Tonfrequenz den Weg freigeben zur weiteren Verstärkung und Abstrahlung über die Lautsprecher. Vom Mischverstärker zweigt ein Teil der verstärkten Tonfrequenzsignale ab und wird zum Besprechen des Magnetbandgerätes benutzt. Dadurch ist es möglich, mit dem Magnetbandgerät ein gemischtes Programm von Rundfunk, Schallplatte und Mikrofon aufzunehmen. Aus dem Mischverstärker gelangt das Tonfrequenzsignal zum Leistungsverstärker, wo es leistungsmäßig eine solche Verstärkung erfährt, daß die angeschlossenen Lautsprecher ausgesteuert werden. Die Lautsprecher befestigt man entweder an einer Schallwand oder bringt sie in einer Baßreflexbox unter. Zur Wiedergabe der tiefen Töne wird ein großer Lautsprecher mit weicher Membran eingebaut, während für eine brillante Höhenwiedergabe spezielle Hochtonlautsprecher erforderlich sind.
In den vorhergehenden Abschnitten wurden Schaltungsdetails der Geräte für eine Musikanlage hoher Wiedergabequalität angegeben. Entsprechend dem Übersichtsschaltplan (Bild 9.14) können diese dann kombiniert werden.

## 9.8. Elektronenröhren für NF-Verstärker und Ausgangsübertrager

Heute hat sich zwar die Transistorisierung der Geräte der Heimelektronik allgemein durchgesetzt, aber in den Bastelkisten der Elektronikamateure »schmoren« noch viele Elektronenröhren, die es gilt sinnvoll einzusetzen. Das war mit ein Grund für den

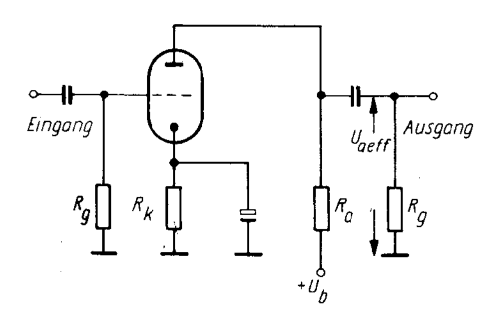



Bild 9.15
Trioden-Röhrensystem als NF-Vorverstärker

Autor, die Röhrenschaltungen auch in der neuen Auflage beizubehalten. Wer mehr über die Dimensionierung von Röhren-NF-Verstärkern wissen möchte, dem seien die entsprechenden Abschnitte in dem Buch *abc der Niederfrequenztechnik* von *K. K. Streng* empfohlen, das 1969 im Deutschen Militärverlag in der *Amateurbibliothek* erschienen ist.

Nachstehend werden für spezielle NF-Röhren die wichtigsten erreichbaren Werte in Tabellenform angegeben.

*ECC 82* als NF-Vorverstärker (ein Triodensystem, Bild 9.15)

| $U_b$ V | $R_a$ kΩ | $R_k$ kΩ | $R_g$ MΩ | $I_a$ mA | $V_u$ — | $U_{a\,eff}$ V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 | 100 | 2,2 | 0,33 | 1,3 | 14 | 25 |
| 200 | 220 | 3,9 | 0,68 | 0,66 | 14,5 | 22 |
| 250 | 100 | 2,2 | 0,33 | 1,63 | 14 | 32 |
| 250 | 220 | 3,9 | 0,68 | 0,82 | 14,5 | 28 |
| 300 | 100 | 2,2 | 0,33 | 1,97 | 14 | 41 |
| 300 | 220 | 3,9 | 0,68 | 0,98 | 14,5 | 36 |
| 350 | 100 | 2,2 | 0,33 | 2,3 | 14 | 49 |
| 350 | 220 | 3,9 | 0,68 | 1,16 | 14,5 | 43 |

*ECC 83* als NF-Vorverstärker (ein Triodensystem, Bild 9.15)

| $U_b$ V | $R_a$ kΩ | $R_k$ kΩ | $R_g$ MΩ | $I_a$ mA | $V_u$ — | $U_{a\,eff}$ V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 | 100 | 1,8 | 0,33 | 0,65 | 50 | 20 |
| 200 | 220 | 3,3 | 0,68 | 0,36 | 56 | 24 |
| 250 | 100 | 1,5 | 0,33 | 0,86 | 54,5 | 26 |
| 250 | 220 | 2,7 | 0,68 | 0,48 | 66,5 | 28 |
| 300 | 100 | 1,2 | 0,33 | 1,11 | 57 | 30 |
| 300 | 220 | 2,2 | 0,68 | 0,63 | 72 | 36 |
| 400 | 100 | 0,82 | 0,33 | 1,72 | 63 | 38 |
| 400 | 220 | 1,2 | 0,68 | 1,02 | 76,5 | 38 |

*EF 86* als NF-Vorverstärker (Bild 9.16)

| $U_b$ V | $R_a$ kΩ | $R_{g2}$ MΩ | $R_g$ MΩ | $R_k$ kΩ | $I_k$ mA | $V_u$ — | $U_{a\,eff}$ V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 100 | 0,47 | 0,33 | 1,5 | 1,0 | 95 | 22 |
| 200 | 100 | 0,39 | 0,33 | 1,0 | 1,65 | 106 | 40 |
| 200 | 220 | 1,0 | 0,68 | 2,2 | 0,75 | 170 | 36 |
| 250 | 100 | 0,39 | 0,33 | 1,0 | 2,05 | 112 | 50 |
| 250 | 220 | 1,0 | 0,68 | 2,2 | 0,9 | 180 | 46 |
| 300 | 100 | 0,39 | 0,33 | 1,0 | 2,45 | 116 | 64 |
| 300 | 220 | 1,0 | 0,68 | 2,2 | 1,1 | 188 | 54 |

Endpentoden in Eintakt-A-Endstufe (Bild 9.17)

| Röhrentyp | $U_b$ V | $R_a$ kΩ | $R_k$ Ω | $I_a$ mA | $I_{g2}$ mA | $U_e$ V | $P_{ausg}$ W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *ECL 82* | 170 | 3,9 | 230 | 41 | 8,0 | 6,0 | 3,3 |
| | 200 | 5,6 | 300 | 35 | 6,5 | 5,8 | 3,4 |
| | 200 | 5,6 | 380 | 35 | 7,0 | 6,6 | 3,5 |
| *ECL 86* | 250 | 7,0 | 130 | 36 | 10 | 3,1 | 4,0 |
| | 250 | 10,0 | 270 | 26 | 8,0 | 2,7 | 2,8 |
| | 250 | 7,0 | 170 | 36 | 10,2 | 3,2 | 4,0 |
| *EL 34* | 265 | 3,0 | 180 | 70 | 10 | 9,3 | 8,0[1]) |
| | 265 | 2,0 | 125 | 100 | 14,9 | 8,7 | 11 |
| *EL 84* | 250 | 5,2 | 135 | 49,5 | 10,8 | 4,3 | 5,7 |
| | 250 | 7,0 | 210 | 36 | 4,1 | 3,5 | 4,2 |
| | 250 | 7,0 | 160 | 36 | 3,9 | 3,4 | 4,3 |
| *EL 86* | 100 | 2,4 | 290 | 43 | 11 | 4,3 | 1,9 |
| | 170 | 2,4 | 170 | 70 | 22 | 7,0 | 5,6 |
| *EL 95* | 200 | 8,0 | 230 | 23 | 4,2 | 4,5 | 2,3 |
| | 250 | 10,0 | 320 | 24 | 4,5 | 5,0 | 3,0 |

[1]) $R_2 = 2$ kΩ

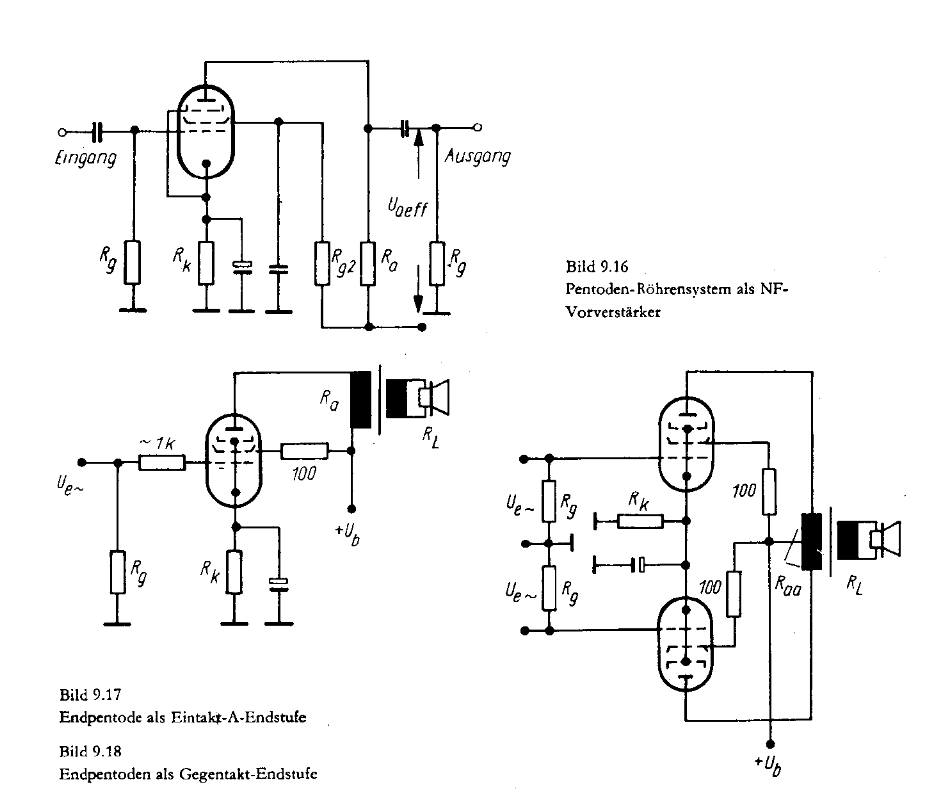



Bild 9.16
Pentoden-Röhrensystem als NF-Vorverstärker

Bild 9.17
Endpentode als Eintakt-A-Endstufe

Bild 9.18
Endpentoden als Gegentakt-Endstufe

Endpentoden in Gegentakt-AB-Endstufe (Bild 9.18)

| Röhrentyp | $U_b$ V | $R_{aa}$ kΩ | $R_k$ Ω | $I_a$ mA | $I_{g2}$ mA | $U_e$ V | $P_{ausg}$ W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *ECL 82* | 170 | 5,0 | 135 | 2×33 | 2× 6,2 | 9,0 | 7,0 |
| | 200 | 5,0 | 165 | 2×35 | 2× 6,5 | 10,9 | 9,0 |
| *ECL 86* | 250 | 8,2 | 90 | 2×32,5 | 2× 5,6 | 5,5 | 10 |
| | 300 | 9,1 | 130 | 2×31 | 2× 5,0 | 8,4 | 13,6 |
| *EL 34* | 375 | 3,4 | 130 | 2×75 | 2×11,5 | 21 | 35[1]) |
| *EL 84* | 250 | 8,0 | 130 | 2×38 | 2× 3,5 | 8,0 | 11 |
| | 300 | 8,0 | 130 | 2×36 | 2× 4,0 | 10 | 17 |
| *EL 86* | 170 | 3,5 | 120 | 2×56,5 | 2× 3,0 | 13,1 | 13 |
| *EL 95* | 200 | 10 | 180 | 2×17,5 | 2× 3,2 | 7,0 | 4,7 |
| | 250 | 10 | 180 | 2×22 | 2× 4,2 | 9,0 | 7,0 |

[1]) $R_2 = 470\,\Omega$.

Endpentoden in Gegentakt-B-Endstufe (Bild 9.18)

| Röhrentyp | $U_b$ V | $R_{aa}$ kΩ | $-U_{g1}$ V | $I_a$ mA | $I_{g2}$ mA | $U_e$ V | $P_{ausg}$ W | $U_{g2}$ V | $R_{g2}$ kΩ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *EL 34* | 375 | 3,8 | 32 | 2×35 | 2×4,7 | 22,7 | 36 | 375 | 0,47 |
| | 425 | 3,4 | 38 | 2×30 | 2×4,4 | 27 | 55 | 425 | 1,0 |
| | 500 | 4,0 | 36 | 2×30 | 2×4,0 | 27 | 70 | 400 | 0,75 |
| | 750 | 11,0 | 39 | 2×25 | 2×3,0 | 25 | 90 | 375 | 0,75 |
| | 800 | 11,0 | 39 | 2×25 | 2×3,0 | 23,4 | 100 | 400 | 0,75 |
| *EL 81* | 170 | 2,5 | 27 | 2×20 | 2×1,5 | 19 | 13,5 | 170 | 1,0 |
| | 200 | 2,5 | 31,5 | 2×25 | 2×2,0 | 22,5 | 20 | 200 | 1,0 |
| *EL 84* | 250 | 8,0 | 11,6 | 2×10 | 2×1,1 | 8,0 | 11 | 250 | – |
| | 300 | 8,0 | 14,7 | 2× 7,5 | 2×0,8 | 10 | 17 | 300 | – |
| *EL 86* | 170 | 3,5 | 20,5 | 2×15 | 2×0,7 | 14,6 | 13,5 | 170 | – |
| *EL 95* | 200 | 10 | 10 | 2× 7,0 | 2×1,2 | 7,0 | 4,0 | 200 | – |
| | 250 | 10 | 13 | 2× 8,0 | 2×1,2 | 9,0 | 6,5 | 250 | – |

(Anoden- und Schirmgitterströme stellen die Werte ohne Ansteuerung dar!)

Mit den Angaben in diesen Tabellen kann man röhrenbestückte NF-Verstärker für unterschiedliche Ausgangsleistungen dimensionieren.

Es ist mitunter schon schwierig, einen NF-Ausgangsübertrager für Eintakt- bzw. Gegentaktbetrieb zur Anpassung des Schwingspulenwiderstandes $R_L$ des Lautsprechers an den NF-Endstufen-Ausgangswiderstand $R_a$ bzw. $R_{aa}$ im Fachhandel zu erhalten. In Abschnitt 5. findet der Leser Berechnungsunterlagen für solche Ausgangsübertrager (ebenfalls auch in *abc der Niederfrequenztechnik* von *K. K. Streng*). Nachfolgend werden für einige Endröhrenschaltungen die in früheren Fachzeitschriften-Jahrgängen veröffentlichten Daten von NF-Ausgangsübertragern aufgeführt.

– *Eintaktendstufe mit ECL 82*
Kern *EI 54*
primär 3000 Wdg., 0,15-mm-CuL;
sekundär 74 Wdg., 0,6-mm-CuL (4 Ω).

– *Eintaktendstufe mit ECL 86*
Kern *EI 66*
primär 3200 Wdg., 0,15-mm-CuL;
sekundär 90 Wdg., 0,7-mm-CuL (4 Ω).

– *Eintaktendstufe mit EL 84*
Kern *EI 66*
primär 5350 Wdg., 0,13-mm-CuL;
sekundär 170 Wdg., 0,7-mm-CuL (5 Ω).

– *Gegentaktendstufe mit 2× EL 84*
Kern *EI 78*
primär 2×1200 Wdg., 0,2-mm-CuL;
sekundär 54 Wdg., 0,6-mm-Cul (5 Ω).

– *Ultralinear-Gegentaktendstufe mit 2× EL 84*
Kern *EI 84b*
primär 2×1940 Wdg., 0,25-mm-CuL
(Schirmgitteranzapfung je 390 Wdg. von der Mittelanzapfung entfernt);
sekundär 2×90 Wdg., 0,8-mm-CuL
(hintereinander 16 Ω, parallel 4 Ω).

– *Gegentaktendstufe mit 2 × EL 34 (40 W)*
Kern *EI 106 b*
primär 2 × 840 Wdg., 0,3-mm-CuL;
sekundär 4 × 80 Wdg., 2 × 0,5-mm-CuL
(alles parallel 10 Ω).

– *Gegentaktendstufe mit 2 × EL 34 (50 W)*
Kern 18 bis 20 cm² (z. B. *EI 150/50*)
primär 2 × 1200 Wdg., 0,35-mm-CuL;
sekundär 4 × 67 Wdg., 0,75-mm-CuL
(alles parallel 12 Ω).

– *Gegentaktendstufe 2 × EL 34 (100 W)*
Kern 20 bis 24 cm² (z. B. *EI 150/60*)
primär 2 × 1120 Wdg., 0,3-mm-CuL;
sekundär 5 × 55 Wdg., 1,1-mm-CuL
(alles parallel 6 Ω).

# 10. Schaltungen für den KW-Amateur

## 10.1. Tongenerator zum Morsen

Wer hat nicht schon einmal auf dem Kurzwellenbereich seines Empfängers den Morsezeichen gelauscht und sich dabei gefragt, was sie wohl bedeuten mögen? Um diese Sprache der Funker zu verstehen, muß man als Vorbedingung das Morsealphabet beherrschen. In den Klubs *Junger Funker* und in der Nachrichtenausbildung der *Gesellschaft für Sport und Technik* ist Gelegenheit, das Morsen zu erlernen.

Benötigt wird dazu ein Tongenerator, eine Morsetaste und ein Kopfhörer. Während wir Kopfhörer und Morsetaste in einem Fachgeschäft kaufen können, wollen wir den Tongenerator selbst bauen. Aus den zahlreichen dafür verwendbaren Schaltungen wählen wir eine aus, die im Aufwand tragbar bleibt und doch höheren Ansprüchen gerecht wird.

Der Tongenerator ist mit einer Doppeltriode *6 SL 7* bestückt (Bild 10.1). Natürlich können wir auch andere Doppeltrioden, wie *ECC 81*, *ECC 83*, nehmen. Ebenso lassen sich 2 einzelne Trioden verwenden, nur muß dann das Gerät etwas größer aufgebaut werden. Die Schwingungserzeugung erfolgt durch ein Phasenkettenglied aus Widerständen und Kondensatoren; das zwischen Gitter und Anode der einen Triode liegt. Das Phasenkettenglied sorgt für die zur Schwingungserzeugung notwendige Rückkopplung zwischen Gitter- und Anodenkreis.

Bild 10.1
Schaltung des Tongenerators mit *RC*-Phasenkette

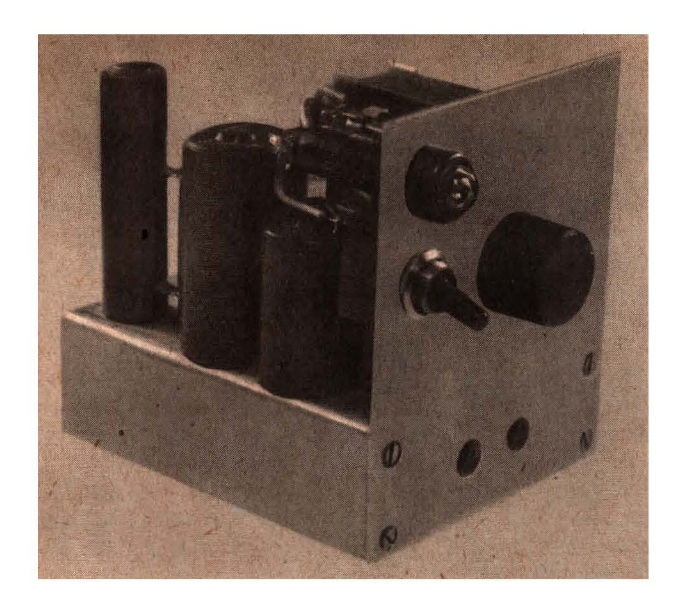


Bild 10.2
Blick auf das Chassis des fertiggestellten Tongenerators

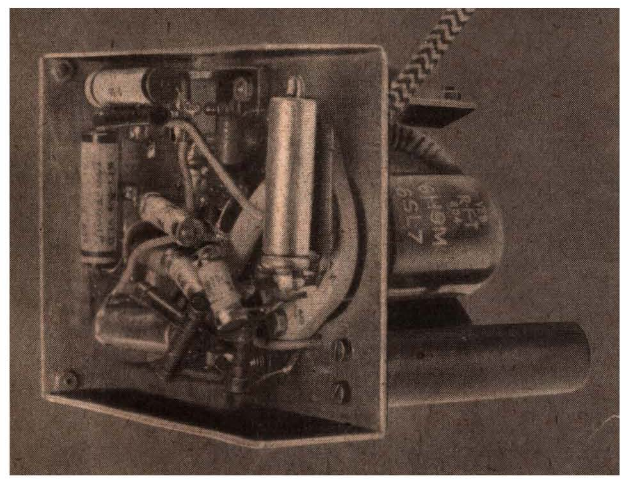


Bild 10.3
Blick auf die Verdrahtung des Tongenerators

Die erzeugte Tonfrequenz hat bei den angegebenen Werten der 4 Kondensatoren und Widerstände eine Frequenz von etwa 1000 Hz.
Von dem Außenwiderstand von 250 kΩ wird über einen Kondensator von 5000 pF die Tonfrequenz einem Potentiometer zugeführt, mit dem man die Lautstärke regeln kann. Die 2. Triode arbeitet als normaler Tonfrequenzverstärker. Von dem Außenwiderstand 25 kΩ gelangt dann die Tonfrequenz über 2 Kondensatoren (5000 pF) und

die Morsetaste zum Kopfhörer. Jedesmal, wenn die Morsetaste gedrückt wird, ertönt die Tonfrequenz im Kopfhörer.
Der Netzteil ist wie üblich aufgebaut. Eine Glimmlampe mit Vorwiderstand (100 kΩ) zeigt an, ob der Tongenerator eingeschaltet ist. Die Heizspannung für die Röhre *6 SL 7* beträgt 6,3 V. Die Wicklung für die Anodenspannung wird einseitig geerdet. Das andere Ende liegt über dem Gleichrichter an der Siebkette, es ergibt sich eine Gleichspannung von etwa 170 V. Mit einem 1poligen Kippschalter wird das Gerät eingeschaltet. Vor größeren Schäden bewahrt eine Sicherung von 0,2 A.
Der mechanische Aufbau geht aus Bild 10.2 und Bild 10.3 deutlich hervor. Er wird sich letzten Endes immer nach den verwendeten Einzelteilen richten. Vorn befinden sich der Netzschalter, die Anzeigeglimmlampe, der Lautstärkeregler und die Buchsen für die Morsetaste. Die Netzschnur und der Kopfhöreranschluß können seitlich oder rückwärts herausgeführt werden.

*Stückliste*

1 Röhre *6 SL 7* (bzw. *ECC 81* oder *ECC 83*)
1 Röhrenfassung
4 Widerstände 80 kΩ/0,25 W
1 Widerstand 400 Ω/0,5 W
1 Widerstand 250 kΩ/0,5 W
1 Widerstand 1 kΩ/0,5 W
1 Widerstand 25 kΩ/0,5 W
1 Widerstand 5 kΩ/2 W
1 Widerstand 100 kΩ/0,25 W
2 Elektrolytkondensatoren 16 μF (350/380 V)
2 Elektrolytkondensatoren 50 μF (6/8 V)
2 Buchsenpaare 19 mm Abstand
1 Glimmlampe 220 V, mit Fassung
1 Trockengleichrichter 250 V/20 mA
1 Transformator, primär 220 V, sekundär 6,3 V/0,3 A, 250 V/0,02 A
1 Potentiometer 500 kΩ log.
1 Netzschalter, 1polig
4 Kondensatoren 1000 pF
3 Kondensatoren 5000 pF
1 Sicherung 0,2 A, mit Halterung

## 10.2. 0-V-1 für Batteriebetrieb

Selbst im Zeitalter der Raumfahrt und der Atomtechnik hat der 1-Kreis-Empfänger seine Bedeutung für den Kurzwellenempfang keineswegs verloren. Er ist für den Anfänger immer noch das leicht zu bauende, nicht viel Aufwand erfordernde Gerät mit genügenden Empfangseigenschaften. Er reicht natürlich nicht an die Empfangseigenschaften eines großen, kommerziellen KW-Empfängers heran, aber um sich als Höramateur auf den KW-Bändern die ersten Sporen zu verdienen, genügt er schon. Da noch viele Batterieröhren in den Bastelkisten vorhanden sind, ist die Schaltung des 0–V–1 mit Röhren bestückt. Der Batteriebetrieb ist außerdem ungefährlich für den Anfänger. Selbstverständlich kann die Anodenbatterie durch einen Transistor-Transverter ersetzt werden.
Die Schaltung für diesen Empfänger zeigt Bild 10.4. Der Empfänger besteht aus der Audionstufe *(DF 96)* und der Niederfrequenzstufe *(DL 96)*. Die Audionröhre hat die Aufgabe, die von der Antenne aufgefangene HF-Spannung gleichzurichten.
Durch die Anwendung einer Rückkopplung wird die Empfindlichkeit des Empfängers wesentlich gesteigert. Bei Telefonieempfang bringt man dabei die Rückkopplung bis kurz vor den Schwingungseinsatz. Für den Empfang unmodulierter Telegrafie wird die Rückkopplung über den Schwingungseinsatzpunkt hinaus eingestellt, so daß die unmodulierten Morsezeichen als Pfeiftöne hörbar sind. Beim Einstellen der Rückkopplung muß man mit etwas Geschicklichkeit verfahren, da die Empfangsleistung des Empfängers wesentlich vom richtigen Einstellen der Rückkopplung abhängt.

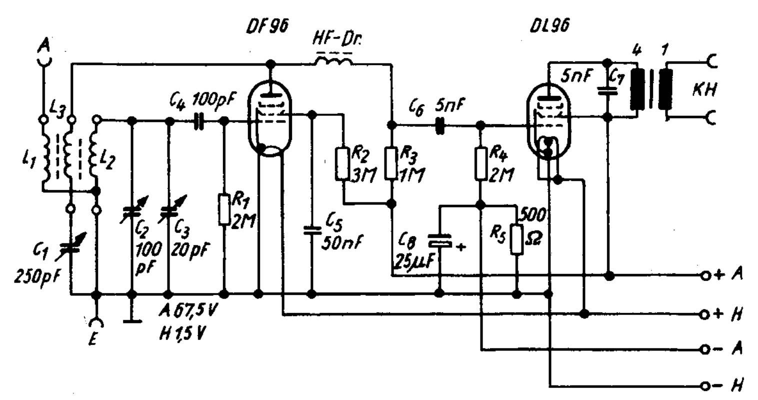



Bild 10.4
Schaltung des 0-V-1 für Batteriebetrieb

Von der Antenne gelangt die HF-Energie über die Antennenspule $L_1$ an den frequenzbestimmenden Schwingkreis $L_2$–$C_2/C_3$. Dieser Schwingkreis bestimmt jeweils die Empfangsfrequenz. Um im KW-Bereich ein leichtes Abstimmen des Schwingkreises zu erzielen, wurde die Kreiskapazität aufgeteilt. Mit dem Drehkondensator $C_2$ (100 pF) wird die Grobabstimmung, mit dem Drehkondensator $C_3$ (20 pF) die Feinabstimmung auf die Empfangsfrequenz vorgenommen. Beide KW-Drehkondensatoren können leicht aus einem Drehkondensatoren-Baukasten des VEB *Vorrichtungen*, Dessau, hergestellt werden. Der Rückkopplungszweig besteht aus der Spule $L_3$ und dem Hartpapier-Drehkondensator $C_1$. Die Wicklungen der Spulen $L_1$, $L_2$ und $L_3$ befinden sich nebeneinander auf einem Spulenkörper. Die Rückkopplungsspule $L_3$ muß dabei gegensinnig zu den anderen beiden Spulen gewickelt werden.

Über die Gitterkombination $C_4$–$R_1$ gelangt die HF-Energie zum Steuergitter der Audionröhre *DF 96*. Zwischen Steuergitter und Katode erfolgt die Gleichrichtung. Die dabei entstehende Niederfrequenzspannung wird noch verstärkt und gelangt über den Kopplungskondensator $C_6$ an das Steuergitter der NF-Röhre. An der Anode der *DF 96* ist neben der NF-Spannung noch eine restliche HF-Spannung vorhanden, die zur Rückkopplung ausgenutzt wird. Die HF-Drossel in der Anodenzuleitung verhindert, daß die Hochfrequenz in den NF-Verstärker eindringt. Der Widerstand $R_3$ stellt den Arbeitswiderstand der Audionröhre dar, $R_2$ den Schirmgittervorwiderstand und $C_5$ einen Siebkondensator für das Schirmgitter. Die Gittervorspannung der NF-Röhre wird durch eine *RC*-Kombination $R_5$–$C_8$ erzeugt, die zwischen den Minusanschlüssen der Batterien und dem Minuspol der Schaltung liegt. $R_4$ ist der Gitterableitwiderstand der NF-Röhre. Im Anodenkreis befindet sich der Ausgangsübertrager, für den ein NF-Übertrager mit einem Übersetzungsverhältnis der Windungszahlen von etwa 4 : 1 bis 10 : 1 benutzt werden kann. Der parallelliegende Kondensator $C_7$ beschneidet die Höhenwiedergabe, die im KW-Empfänger nicht notwendig ist. An die Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers wird der Kopfhörer angeschlossen.

Durch die Verwendung stromsparender Batterieröhren (Heizspannung 1,5 V, Heizstrom 75 mA, Anodenspannung 67,5 V, Anodenstrom 7 mA) wird eine lange Betriebsdauer der Batterien erreicht.

Tabelle Spulendaten

| Frequenzbereich (MHz) | $L_1$ Windungen | Drahtdurchmesser | $L_2$ Windungen | Drahtdurchmesser | $L_3$ Windungen | Drahtdurchmesser |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,5 bis 5,6 | 8 | 0,6 | 30 | 0,6 | 8 | 0,6 |
| 5,0 bis 11,0 | 4 | 0,8 | 10 | 0,8 | 4 | 0,6 |
| 10,0 bis 22,0 | 3 | 0,8 | 5 | 0,8 | 3 | 0,6 |
| 20,0 bis 44,0 | 1,5 | 0,8 | 4 | 1,0 | 3 | 0,6 |

Drahtdurchmesser in mm

Der Spulenkörperdurchmesser für die ersten 3 Bereiche beträgt 35 mm. Für den 4. Bereich ist ein Spulenkörperdurchmesser von 20 mm erforderlich.

*Stückliste*

Röhre *DF 96* und *DL 96*
KW-Drehkondensator 100 pF
KW-Drehkondensator 20 pF
Hartpapier-Drehkondensator 250 pF
3 Spulenkörper 35 mm Durchmesser
Spulenkörper 20 mm Durchmesser
HF-Drossel (etwa 2 bis 3 mH)
NF-Übertrager 4 : 1
Anodenbatterie 67,5 V
Monozelle 1,5 V
Widerstände
Kondensatoren
Elektrolytkondensator 25 µF (6/8 V)

## 10.3. 0-V-1 für Wechselstrombetrieb

Eine Schaltung mit nur einer Elektronenröhre zeigt Bild 10.5. Es wird die Röhre *ECF 82* verwendet, die 2 steile Röhrensysteme mit getrennten Katoden hat. Da die Röhre im Fernsehempfänger als Misch- und Oszillatorröhre dient, läßt sich damit ein leistungsfähiger KW-Empfänger aufbauen. Für das Audion findet das Pentodensystem Verwendung. Die Antenne wird induktiv über die Spule $L_1$ an den Audionkreis angekoppelt. Die Rückkopplung ist eine Schirmgitterrückkopplung. Die Regelung erfolgt durch Verändern der Schirmgitterspannung mit Hilfe des 50-kΩ-Potentiometers. Über ein HF-Siebglied wird die Niederfrequenz dem Steuergitter des Triodenteiles zugeführt. Die NF-Stufe weist keine weiteren Probleme auf. Das Audion hat als Außenwiderstand eine hochohmige NF-Drossel. Der Antenneneingang ist ausgelegt für symmetrische Antennen (Buchse oben und unten) und für unsymmetrische Antennen (mittlere Buchse »Antenne«, untere Buchse erden). Für die Spulen können die Werte der Tabelle auf Seite 222 verwendet werden. Die Werte der beiden HF-Drosseln sind nicht kritisch. Für die NF-Drossel nehmen wir einen Kern *M 42*, der mit möglichst dünnem Draht vollgewickelt wird. An Stelle der NF-Drossel kann auch ein Arbeitswiderstand von 100 bis 200 kΩ (1 W) eingeschaltet werden. Als Ausgangsübertrager eignet sich ein NF-Übertrager mit einem Übersetzungsverhältnis von 4 : 1 bis 6 : 1. Der Netzteil wird wie üblich in Wechselstromausführung aufgebaut, die Anodenspannung soll 150 bis 250 V betragen.

*Stückliste*

Röhre *ECF 82*
KW-Drehkondensator 100 pF
3 Spulenkörper 35 mm Durchmesser
1 Spulenkörper 20 mm Durchmesser
2 HF-Drosseln 1 mH
1 NF-Drossel 100 bis 150 H
1 NF-Übertrager 4 : 1
1 Potentiometer 50 kΩ lin.
Widerstände
Kondensatoren
Elektrolytkondensatoren 10 µF (6/8 V)

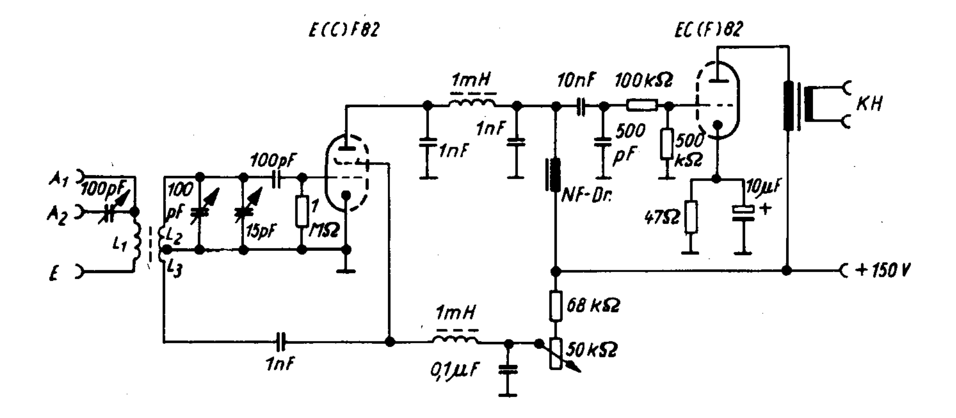



Bild 10.5
Schaltung des Einröhren-KW-Empfängers mit der Röhre *ECF 82*

## 10.4. 0-V-2 mit Tongenerator

Bild 10.6 zeigt den Stromlaufplan für diesen KW-Empfänger. Die Audionstufe *(EF 80)* ist in ähnlicher Weise aufgebaut wie beim 0–V–1. Das Einstellen der Rückkopplung erfolgt hier durch das Potentiometer P 1, mit dem die Höhe der Schirmgitterspannung geregelt wird. Anoden- und Schirmgitterspannung werden durch die Glimmröhre *GR 26-16* auf 150 V stabilisiert. An Stelle der HF-Drossel verhindert bei dieser Schaltung das Siebglied $R_2$–$C_5$/$C_6$ ein Eindringen der restlichen HF-Spannung in den NF-Verstärker. Der NF-Verstärker ist 2stufig aufgebaut, wobei die 2 Triodensysteme der Röhre *ECC 83* benutzt werden. Am Eingang liegt als Lautstärkeregler das Potentiometer P 2. Die Katodenwiderstände $R_6$ und $R_9$ sind nicht durch Elektrolytkondensatoren überbrückt, damit eine Gegenkopplung zur Linearisierung des Frequenzganges auftritt. Der NF-Verstärker ist mit dem Schalter S 1a bis 1c umschaltbar, um ihn auch als Morsegenerator verwenden zu können. S 1a schaltet vom Verstärkerausgang zum Eingang den Kondensator $C_{12}$. Die Folge ist eine Rückkopplung, die den Verstärker schwingen läßt. Die Tonhöhe hängt von der Größe des Kondensators $C_{12}$ ab. S 1b schaltet die Anodenspannung des NF-Verstärkers auf die stabilisierte Spannung von 150 V um, da diese für den Betrieb als Morsegenerator völlig ausreicht. Der Schalter S 1c unterbricht die Anodenspannungsführung, so daß mit einer Morsetaste der Morsegenerator getastet werden kann. Der Netzteil zur Stromversorgung bereitet ebenfalls keine allzu großen Schwierigkeiten. Er kann ähnlich wie in Bild 8.8 aufgebaut werden. Wir verwenden aber einen kleineren Netztransformator, da der Anodenstrom nur wenige Milliampere beträgt. Der Einschalter kann mit dem Lautstärkeregler kombiniert werden. Anoden- und Heizwicklung liegen mit einem Ende an Masse. Tritt beim Abstimmen des Empfängers ein Brummton auf, so ist es vorteilhaft, wenn parallel zum Trockengleichrichter (250 V/30 mA) ein Kondensator von etwa 10 nF geschaltet wird. Die Siebung der Gleichspannung erfolgt durch 2 Elektrolytkondensatoren von wenigstens 32 µF. An Stelle einer Siebdrossel kann ein Siebwiderstand von 3 bis 5 kΩ verwendet werden.

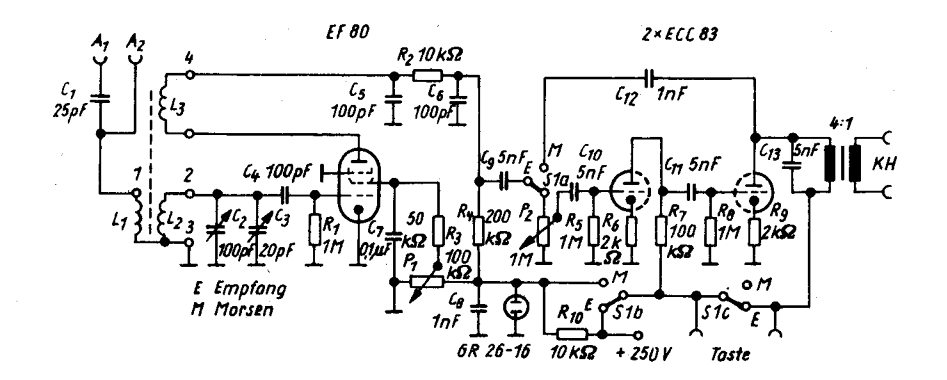
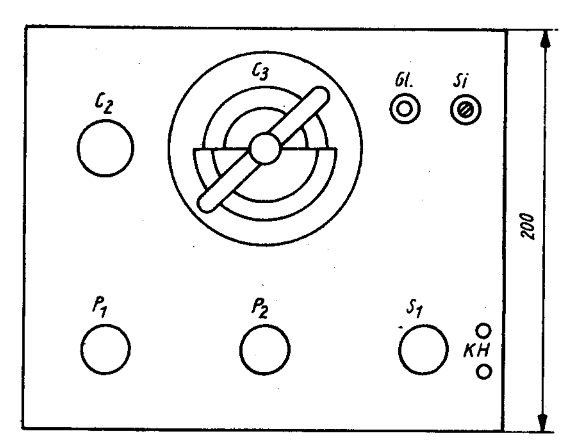



Bild 10.6
Schaltung eines 0-V-2 für KW-Empfang. Die beiden NF-Stufen können als Tongenerator umgeschaltet werden



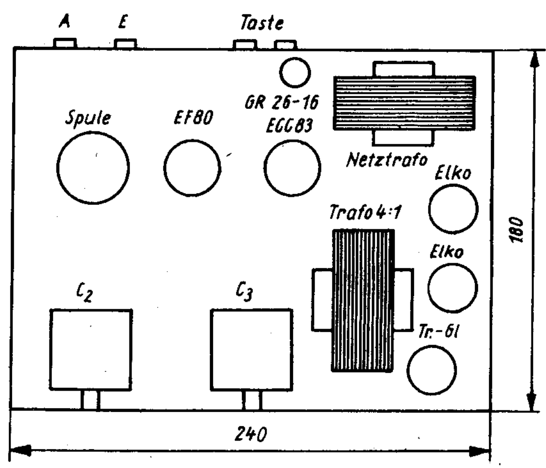




Bild 10.7
Aufbauschema der Frontplatte und des Chassis für den 0-V-2 mit Tongenerator

Für den Aufbau des Empfängers eignet sich ein Chassis aus 1,5 bis 2 mm dickem Alublech, dem man eine 2 mm dicke Alublech-Frontplatte vorsetzt. Alle bedienbaren Bauelemente, wie Potentiometer, Schalter und Drehkondensatoren, werden an der Frontplatte angeordnet (Bild 10.7). Den Drehkondensator $C_3$ für die Feinabstimmung versieht man mit einem Skalenantrieb und einer entsprechenden Kreisskale. Der Schwingkreis für die Abstimmung und die Audionröhre ist so anzuordnen, daß keine allzu lange Leitungsführung entsteht. Als Spulenkörper werden entweder die Röhrensockel mit etwa 35 mm Durchmesser verwendet, die bereits Kontaktstifte haben, oder entsprechendes Pertinaxrohr, das mit einem solchen Röhrenfuß verbunden wird. Die Tabelle auf Seite 222 gibt für derartige Spulenkörper die Windungszahlen für die einzelnen KW-Bereiche an.

*Stückliste*

Röhre *EF 80* oder *EF 85* und *ECC 83*
Stabilisatorröhre *GR 26-16*
KW-Drehkondensator 100 pF
KW-Drehkondensator 20 pF
3 Spulenkörper 35 mm Durchmesser
Spulenkörper 20 mm Durchmesser
NF-Übertrager 4 : 1
Schalter 3 × 2
Potentiometer 1 MΩ log., mit Schalter
Potentiometer 100 kΩ lin.
Widerstände
Kondensatoren
Bauelemente für den Netzteil:
Netztransformator 250 V/0,01 A, 6.3 V/0,6 A
Siebwiderstand 3 kΩ/3 W
2 Elektrolytkondensatoren 50 µF (350/380 V)
Selengleichrichter 250 V/30 mA
Sicherung 0,15 A, mit Schraubfassung
Glimmlampe 220 V, mit Fassung

## 10.5. Konverter für 80-m-Band

Die Rundfunkempfänger mit Kurzwellenbereich haben meist im KW-Gebiet den Empfangsbereich von etwa 16 bis 50 m (18,7 bis 6 MHz). In diesem Bereich liegen nur die Amateur-KW-Bänder 40 m (7,0 bis 7,1 MHz) und 20 m (14,0 bis 14,35 MHz). Während das 20-m-Band vor allem ein Weitverkehrsband ist, können vornehmlich am Wochenende auf dem 40-m-Band viele Amateurfunkstationen der DDR gehört werden. Der Empfang wird aber oft durch große kommerzielle KW-Stationen stark gestört. Das eigentliche Band für den Nahverkehr ist das 80-m-Band (3,5 bis 3,8 MHz). Auf diesem Band ist es abends und zum Wochenende möglich, viele deutschsprachige Amateurfunkstationen zu beobachten.

Um mit einem Rundfunkempfänger das 80-m-Band zu empfangen, benötigen wir einen sogenannten KW-Vorsetzer. Dieser Vorsetzer empfängt das 80-m-Band und setzt es frequenzmäßig so um, daß es mit einem Rundfunkempfänger auf dessen Mittelwellenbereich empfangen werden kann. Es ist darum nicht notwendig, daß der dem KW-Konverter nachgeschaltete Rundfunkempfänger einen KW-Bereich hat. Im Konverter wird die Eingangsfrequenz mit einer erzeugten Oszillatorfrequenz so gemischt, daß im Ausgang eine Frequenz im Mittelwellenbereich entsteht, die man dann der Antennenbuchse des Rundfunkempfängers zuführt.

Ist zum Beispiel die Eingangsfrequenz $f_e$ = 3650 kHz und die erzeugte Oszillatorfrequenz $f_o$ = 4650 kHz, so entsteht bei der Mischung die Zwischenfrequenz

$$f_z = f_o - f_e = 4650 - 3650 = 1000 \text{ kHz}.$$

Wird diese Zwischenfrequenz auf dem Mittelwellenbereich des Rundfunkempfängers eingestellt, so empfangen wir die Signale

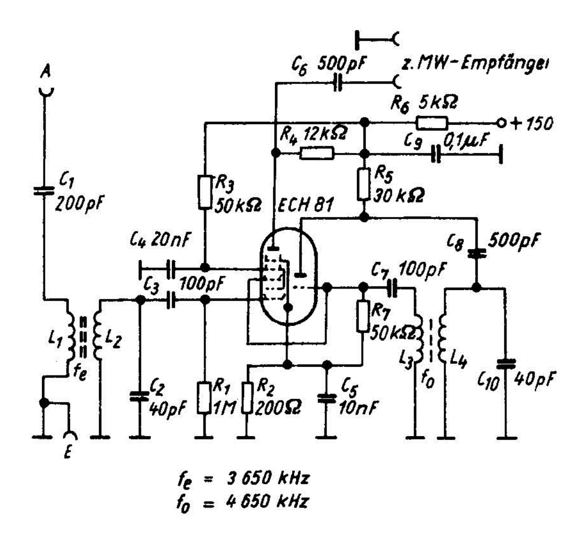



Bild 10.8
Schaltung des KW-Konverters für den Empfang des 80-m-Amateurbandes

im Rundfunkempfänger, die der Konverter auf der Frequenz 3650 kHz aufnimmt. Da der KW-Konverter einfach aufgebaut sein sollte, wurden fest abgestimmte Schwingkreise im Eingang und im Oszillator vorgesehen. Um das gesamte 80-m-Band von 3500 bis 3800 kHz zu erfassen, muß deshalb der Mittelwellenbereich im Rundfunkempfänger entsprechend abgestimmt werden. Es ergibt sich zum Beispiel für den Bandanfang von 3500 kHz folgende Zwischenfrequenz:

$$f_z = f_o - f_e = 4650 - 3500$$
$$= 1150 \text{ kHz},$$

für das Bandende von 3800 kHz

$$f_z = f_o - f_e = 4650 - 3800$$
$$= 850 \text{ kHz}.$$

Das 80-m-Band liegt also auf dem Mittelwellenbereich im Frequenzbereich von 850 bis 1150 kHz.

Bild 10.8 zeigt die Schaltung des einfachen KW-Vorsetzers mit einer Röhre *ECH 81*. Die Antennenspannung gelangt über $C_1$ an die Antennenspule $L_1$ und wird induktiv an den frequenzbestimmenden Schwingkreis

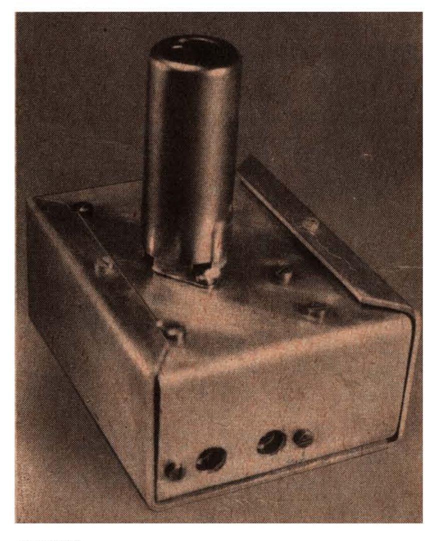


Bild 10.9
Blick auf den fertiggestellten 80-m-Konverter

$L_2$ – $C_2$ übertragen. Den Schwingkreis stimmt man fest auf die Bandmittenfrequenz (3650 kHz) des 80-m-Bandes ab. Über $C_3$ liegt die Eingangsfrequenz am 1. Steuergitter

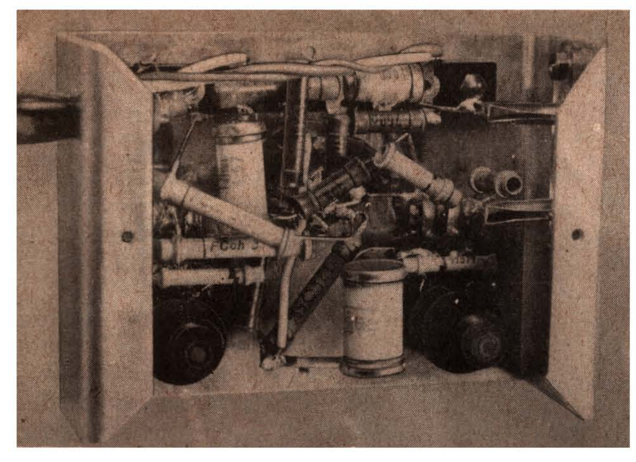
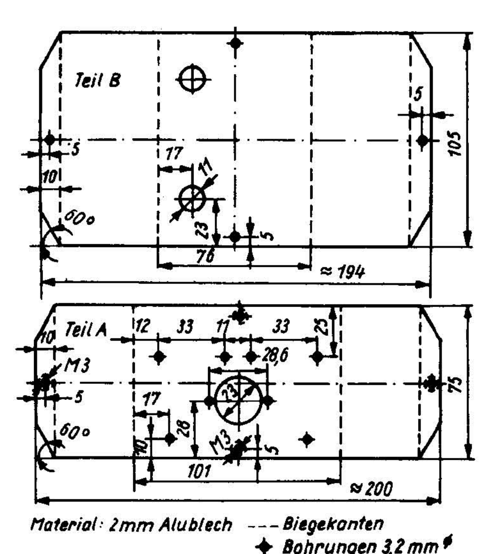


Bild 10.10
Blick in das verdrahtete Chassis des 80-m-Konverters

des Mischsystems der Röhre *ECH 81*. Die Oszillatorfrequenz von 4650 kHz wird im Triodenteil der Röhre *ECH 81* erzeugt. $L_4$ und $C_{10}$ ist der frequenzbestimmende Schwingkreis des Oszillators, $L_3$ die Rückkopplungswicklung. Sie hat zur Wicklung

Bild 10.11
Maßskizze für das Chassis des 80-m-Konverters




$L_4$ einen entgegengesetzten Wicklungssinn. Die erzeugte Oszillatorfrequenz liegt gleichzeitig am 2. Steuergitter des Mischsystems. Im Anodenkreis erhalten wir die Zwischenfrequenz, die über $C_6$ der Antennenbuchse des Rundfunkempfängers zugeführt wird. Die übrigen Widerstände dienen zum Einstellen der Betriebsspannungen, die Kondensatoren zur Siebung und zur Abriegelung der Gleichspannung. Die Widerstände $R_3$ bis $R_6$ haben eine Belastbarkeit von 0,5 W, alle anderen von 0,25 W. Die Kondensatoren sollen eine Spannungsfestigkeit von 250 V aufweisen. Für die beiden Spulen werden Sperrkreise des VEB (K) *Hochfrequenztechnische Werkstätten* Meuselwitz verwendet. Bei Spulenkörpern mit HF-Eisenkern gelten folgende Windungszahlen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $L_1$ | 15 Wdg. | $L_3$ | 13 Wdg. |
| $L_2$ | 45 Wdg. | $L_4$ | 38 Wdg. |

Als Draht wird Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 0,3 bis 0,5 mm verwendet. Der Abgleich erfolgt mit einem Grid-Drip-Meter auf die beiden angegebenen Frequenzen. Der Aufbau des KW-Konverters ist aus Bild 10.9 und Bild 10.10 ersichtlich. Die Breite des Chassis beträgt 75 mm; dieses wird aus 2 mm starkem Aluminiumblech

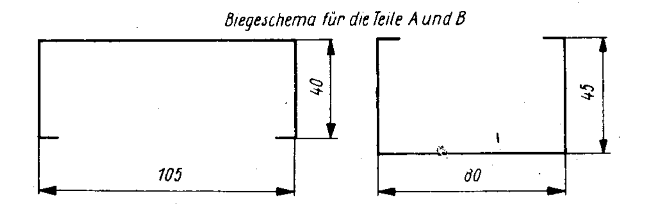



Bild 10.12
Biegeschema für die Teile A und B des 80-m-Konverters

hergestellt (Bild 10.11 und Bild 10.12). Es ist empfehlenswert, das Chassis allseitig abzuschirmen und auch die Zuführung zur Antennenbuchse durch ein Stück abgeschirmtes HF-Kabel vorzunehmen. Die Röhre *ECH 81* wird durch eine Metallkappe abgeschirmt. Die Stromversorgung kann aus dem nachgeschalteten Rundfunkempfänger entnommen werden. Die Heizspannung beträgt 6,3 V, die Anodenspannung soll zwischen 150 und 300 V liegen.
Ein solcher KW-Konverter ersetzt natürlich nicht einen kompletten KW-Empfänger, er kann in dieser Art nur ein Behelf sein. Vor allem müssen wir uns bei dem nachgeschalteten Rundfunkempfänger erst davon überzeugen, ob er nicht bei herausgezogener Antenne noch viele Mittelwellensender bringt. Denn wenn bei einer gewissen Abstimmung im Bereich von 850 bis 1150 kHz ein starker MW-Sender empfangen wird, dann ist von dem KW-Sender nichts mehr zu hören.

*Stückliste*

Röhre *ECH 81*
2 Spulenkörper (*HFW* Meuselwitz)
2 Doppelbuchsen (19 mm Abstand)
Röhren-Metallabschirmung
Kondensatoren
Widerstände

## 10.6. Konverter für 15 m, 20 m und 40 m

Im vorhergehenden Abschnitt wurde ein einfacher Konverter für den Empfang des 80-m-Amateurbandes beschrieben. Für größere Ansprüche bezüglich Empfindlichkeit und Trennschärfe ist die Schaltung in Bild 10.13 gedacht. Sie erlaubt den Empfang der Amateurbänder 15, 20 und 40 m. Bei entsprechendem Zusatz von Spulen und Schalterkontakten kann man den Konverter auch für den Empfang aller 5 KW-Amateurbänder auslegen. Im Gegensatz zum vorher beschriebenen Konverter entsteht bei diesem im Ausgang der Mischröhre eine feste Zwischenfrequenz von 1,6 MHz. Der Nachsetzempfänger wird deshalb nur einmal auf diese Zwischenfrequenz von 1,6 MHz eingestellt, die am kurzwelligen Ende des Mittelwellenbereiches liegt. Allerdings muß man nun den Oszillatorkreis zusammen mit den Eingangskreisen abstimmen. Da wir aber nur verhältnismäßig schmale Frequenzbänder empfangen, sind die Gleichlaufprobleme nicht so sehr kritisch.
Für den Konverter nach Bild 10.13 werden 2 Röhren *EF 80* als HF- und als Mischröhre sowie eine Röhre *EC 92* als getrennte Oszillatorröhre verwendet. Bei entsprechender Dimensionierung kann man auch eine Röhre *ECH 81* als Misch/Oszillatorröhre einsetzen. Die Antenne wird durch einen kleinen Drehkondensator für jedes Band optimal angepaßt. Wer eine induktive Ankopplung der Antenne vorzieht, kann auf

den Spulenkörpern der Spulen $L_1$ bis $L_3$ entsprechende Ankopplungsspulen für die Antenne vorsehen. Die Ankopplungsspulen sollen jeweils etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Windungszahl der Schwingkreisspule haben. Allerdings empfiehlt es sich dann, den 25-pF-Drehkondensator parallel zum Schwingkreis der Eingangsröhre anzuschließen, damit die durch die Antenne hervorgerufenen Verstimmungen des Eingangskreises ausgeglichen werden. Beim Eichvorgang dreht man diesen Drehkondensator halb ein.

Die Abstimmung des Konverters geschieht mittels eines 3fach-Drehkondensators von $3 \times 500$ pF, der entsprechend elektrisch verkürzt wurde. Die Umschaltung auf die einzelnen Bänder erfolgt durch einen keramischen Stufenschalter mit $3 \times 4$ Kontakten, Fabrikat VEB *Elektrogerätewerk* Gornsdorf. Als Spulenkörper können 4-Kammer-Körper der Firma *Görler*, Stiefelkörperspulen oder andere gleicher Art verwendet werden. Anhaltswerte für die Spulendaten gibt die beigefügte Tabelle. Beim Aufbau des Spulensatzes ist darauf zu achten, daß keinesfalls die Spulen des Eingangskreises und des Zwischenkreises aufeinanderkoppeln. Da Eingangs- und Zwischenkreis auf die gleiche Frequenz abgestimmt sind, würde sonst eine Selbsterregung eintreten. Als günstig erweist es sich, wenn man ein Abschirmblech im Spulensatz vorsieht. Auf der einen Seite werden die Eingangsspulen, auf der anderen Seite die Zwischenkreisspulen angeordnet. Zwischen den Oszillatorkreisspulen und den anderen Spulen treten keine Beeinflussungen bei einer eventuellen Kopplung auf.

Die Mischröhre ist kapazitiv über 50 pF an die HF-Röhre angekoppelt. Der Arbeitswiderstand von 15 kΩ der HF-Röhre kann auch durch eine HF-Drossel ersetzt werden; die Induktivität soll etwa 50 bis 100 μH betragen. Im Ausgang der Mischröhre liegt der Schwingkreis für die Zwischenfrequenz von 1,6 MHz. Bei einer Parallelkapazität von 100 pF muß die Schwingkreisspule $L_{10}$ eine Induktivität von etwa 100 μH haben. Das sind bei einer Spule MV 311 etwa 52 Wdg. HF-Litze $20 \times 0{,}05$ mm. Die Auskopplungsspule $L_{11}$ hat ungefähr $^1/_3$ der Windungszahl von $L_{10}$, also 17 Windungen HF-Litze $20 \times 0{,}05$ mm. Verwendet man andere Spulenkörper, so kann die Berechnung der Windungszahlen ohne weiteres auf Grund der Berechnungshinweise in Abschnitt 5. vorgenommen werden. Die Auskopplungsspule $L_{11}$ wird gleichmäßig auf die Schwingkreisspule $L_{10}$ gewickelt. Den ZF-Ausgang verbindet man mit der Antennenbuchse des nachgeschalteten Rundfunkempfängers durch ein Stück abgeschirmtes Koaxialkabel, sonst würden durch den Verbindungsdraht Mittelwellenempfänger an die Antennenbuchse des Rundfunkempfängers gelangen.

Beim Oszillatorkreis sind für jeden Bandwechsel 2 Schaltkontakte notwendig: einmal für das Gitter, zum anderen für die Rückkopplung der Spulenabgriff, der an die Katode geschaltet wird. Die Auskopplung erfolgt vom Gitter über eine kleine Kapazität von 3 pF zum Steuergitter der Mischröhre. Hat man einen so kleinen Kondensator nicht vorrätig, dann genügt es, wenn man am Steuergitter der Oszillatorröhre ein Stück isolierten Schaltdrahtes anlötet, ihn zum Steuergitter der Mischröhre führt und dort zweimal um den Gitteranschluß wikkelt – natürlich mit Isolierung. Um eine feste Zwischenfrequenz von 1,6 MHz zu erhalten, ist der erforderliche Oszillator-Abstimmbereich bei den Spulenangaben genannt.

Ob man mit den gewickelten Spulen die erforderlichen Frequenz-Abstimmbereiche erhält, kann mit einem Grid-Dip-Meter grob bestimmt werden. Der Feinabgleich erfolgt mit einem Prüfsender. Dabei wird bei herausgedrehtem Drehkondensator mit dem Trim-

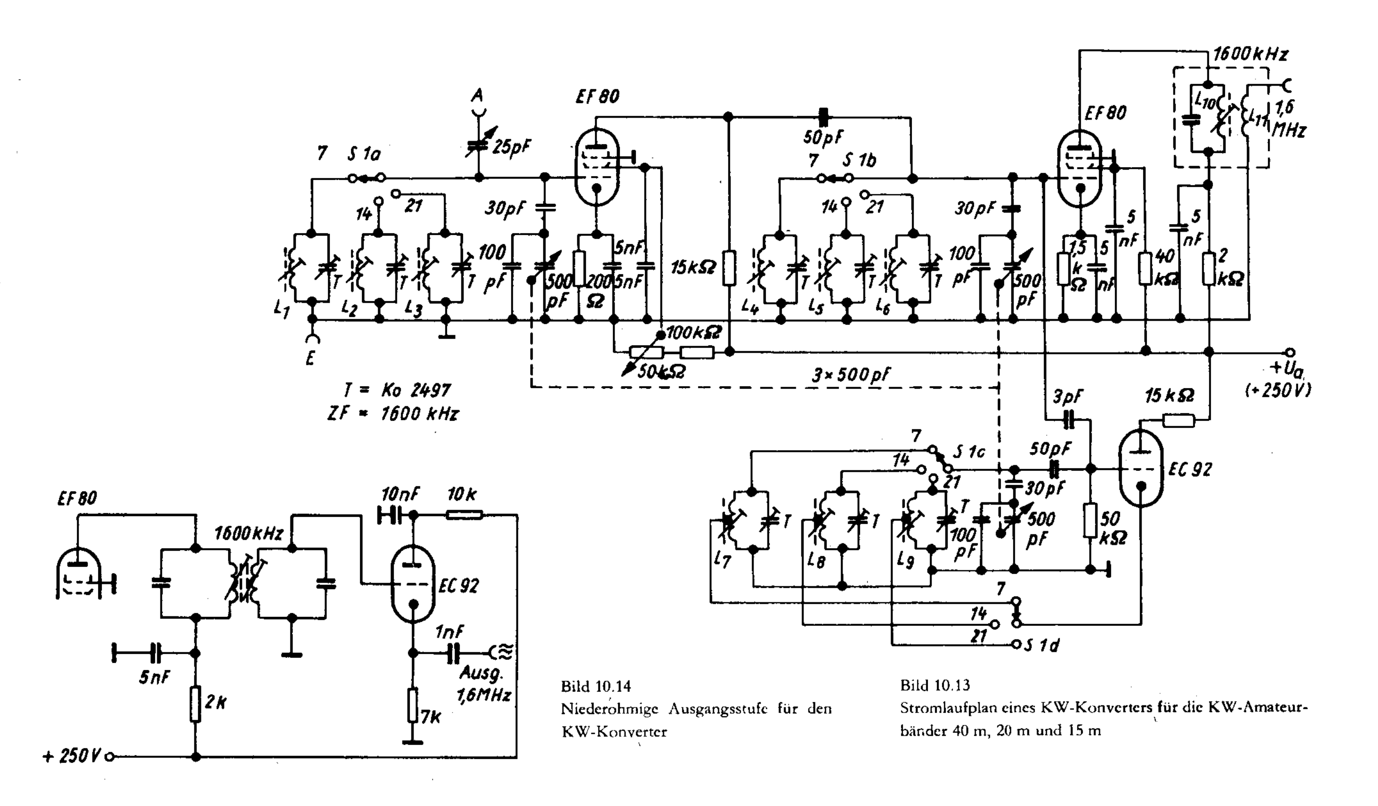



Bild 10.13
Stromlaufplan eines KW-Konverters für die KW-Amateurbänder 40 m, 20 m und 15 m

Bild 10.14
Niederohmige Ausgangsstufe für den KW-Konverter

mer, bei hineingedrehtem Drehkondensator mit dem Spulenkern abgeglichen (s. auch Abschn. 8.5.). Steht kein Prüfsender für den Abgleich zur Verfügung, so kann man die Kreise bei der Bandmittenfrequenz (40 m = 7,05 MHz, 20 m = 14,2 MHz und 15 m = 21,25 MHz) auf größte Lautstärke abstimmen. Der Abfall an Empfindlichkeit an den Bandgrenzen ist gering und läßt sich durchaus vertreten. Besonderheiten der Schaltung:

Die HF-Vorröhre in Bild 10.13 hat eine über ein Potentiometer von 50 kΩ regelbare Schirmgitterpannung. Dadurch ist eine Regelung des Verstärkungsfaktors der HF-Röhre möglich. Bei stark einfallenden Sendern kann man die Verstärkung auf einen entsprechend kleineren Wert einstellen. Der gleiche Vorgang läßt sich auch durch ein Potentiometer von etwa 10 kΩ erzielen, das man in das erdseitige Ende des Katodenwiderstandes schaltet.

Eine Möglichkeit der niederohmigen Auskopplung der ZF aus dem Konverter zeigt Bild 10.14. Hierbei ist eine zusätzliche Röhre *EC 92* vorgesehen, die als Anodenbasisstufe arbeitet. An der Katode wird über einen Kondensator von 1 nF die ZF niederohmig entnommen. Der ZF-Kreis im Ausgang der Mischröhre ist als Bandfilter ausgeführt.

Will man den Konverter an die Schwundregelung des nachgeschalteten Rundfunkempfängers anschließen, so muß die Schaltung der HF-Röhre nach Bild 10.15 geändert werden. Die Schwundregelspannung gelangt über einen Widerstand von 1 MΩ an das Steuergitter der HF-Röhre, für die sich an Stelle der Röhre *EF 80* besser die Regelpentode *EF 85* oder *EF 89* empfiehlt. Gegen den Eingangsschwingkreis muß man die Schwundregelspannung kapazitiv abblocken (50 pF), da sonst über die Schwingkreisspulen die Schwundregelspannung kurzgeschlossen wird.

Die Stromversorgung des Konverters kann

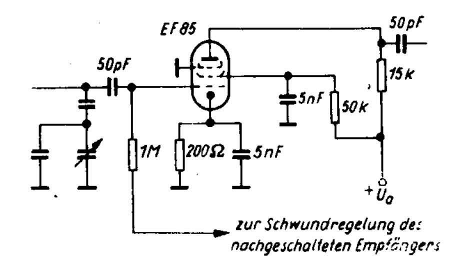



Bild 10.15
Notwendige Schaltungsänderung, wenn die HF-Vorstufe an die Schwundregelung des nachgeschalteten Empfängers angeschlossen werden soll

aus einem eingebauten oder einem getrennten Netzteil erfolgen. Benötigt werden eine Heizspannung von 6,3 V/0,8 A und eine Anodenspannung von 250 V/30 mA. Der Aufbau des Konverters wird auf einem Chassis mit Frontplatte durchgeführt. Auf der Frontplatte befinden sich die Skale, der Bandumschalter, der Empfindlichkeitsregler sowie der Abstimmknopf, Antenneneingang und ZF-Ausgang dagegen an der Rückfront des Chassis.

*Spulendaten für den KW-Konverter*

a) 40-m-Band

Eingangsfrequenz: 7,0 bis 7,1 MHz
Oszillatorfrequenz: 8,6 bis 8,7 MHz
$L_1$ = 22 Wdg., 0,3-mm-CuL, *Görler*-4-Kammer-Körper
$L_4$ = 22 Wdg., 0,3-mm-CuL, *Görler*-4-Kammer-Körper
$L_7$ = 18 Wdg., 0,3-mm-CuL, Anzapfung von Masse an der 5. Wdg., *Görler*-4-Kammer-Körper

b) 20-m-Band

Eingangsfrequenz: 14,0 bis 14,35 MHz
Oszillatorfrequenz: 15,6 bis 15,95 MHz
$L_2$ = 12 Wdg., 0,5-mm-CuL, *Görler*-4-Kammer-Körper
$L_5$ = 12 Wdg., 0,5-mm-CuL,

*Görler*-4-Kammer-Körper

$L_8$ = 10 Wdg., 0,5-mm-CuL, Anzapfung von Masse an der 3. Wdg., *Görler*-4-Kammer-Körper

c) 15-m-Band

Eingangsfrequenz: 21,0 bis 21,45 MHz
Oszillatorfrequenz: 22,6 bis 23,05 MHz
$L_3$ = 8 Wdg., 0,5-mm-CuL, *Görler*-4-Kammer-Körper
$L_6$ = 8 Wdg., 0,5-mm-CuL, *Görler*-4-Kammer-Körper
$L_9$ = 6 Wdg., 0,5-mm-CuL, Anzapfung von Masse an der 2. Wdg., *Görler*-4-Kammer-Körper

## 10.7. Kleinsuper für 80-m- und 40-m-Band

Die nachfolgende Schaltung wurde erstmalig in einem Handbuch der amerikanischen Funkamateure beschrieben. Es handelt sich dabei um einen Empfänger, der ohne Bandumschaltung den Empfang des 80-m- und des 40-m-Amateurbandes gestattet. Es ist ein echter Bandempfänger, da beide Empfangsbereiche jeweils 500 kHz umfassen. Die Bandumschaltung erfolgt, indem bei der Mischung der Eingangs- und der Oszillatorfrequenz einmal die Differenz- und einmal die Summenfrequenz ausgenutzt wird. Der Oszillator des Empfängers ist von 5,2 bis 5,7 MHz abstimmbar, die Zwischenfrequenz beträgt 1,7 MHz. Für die Anwendung der Differenzfrequenz ergibt sich folgender Empfangsbereich:

$$f_A = 5{,}2\ \text{MHz} - 1{,}7\ \text{MHz} = 3{,}5\ \text{MHz}\,,$$

$$f_E = 5{,}7\ \text{MHz} - 1{,}7\ \text{MHz} = 4{,}0\ \text{MHz}\,.$$

Man empfängt also das 80-m-Amateurband im Bereich von 3,5 bis 4,0 MHz. Für die Anwendung der Summenfrequenz ergibt sich folgender Frequenzbereich:

$$f_A = 5{,}2\ \text{MHz} + 1{,}7\ \text{MHz} = 6{,}9\ \text{MHz}\,,$$

$$f_E = 5{,}7\ \text{MHz} + 1{,}7\ \text{MHz} = 7{,}4\ \text{MHz}\,.$$

Es wird also das 40-m-Amateurband im Bereich von 6,9 bis 7,4 MHz empfangen.
Die Eingangsschaltung ist als Bandfilter aufgebaut und umfaßt mit der Drehkondensatorabstimmung den Frequenzbereich von 3 bis 8 MHz. Es wurde eine kapazitive Stromkopplung für das Eingangsbandfilter angewendet, da dieses für die jeweiligen Spiegelfrequenzen als zweigliedrige Siebkette wirkt (Bild 10.16). Die beiden Drehkondensatoren werden gemeinsam abgestimmt und auf das zu empfangende Ama-

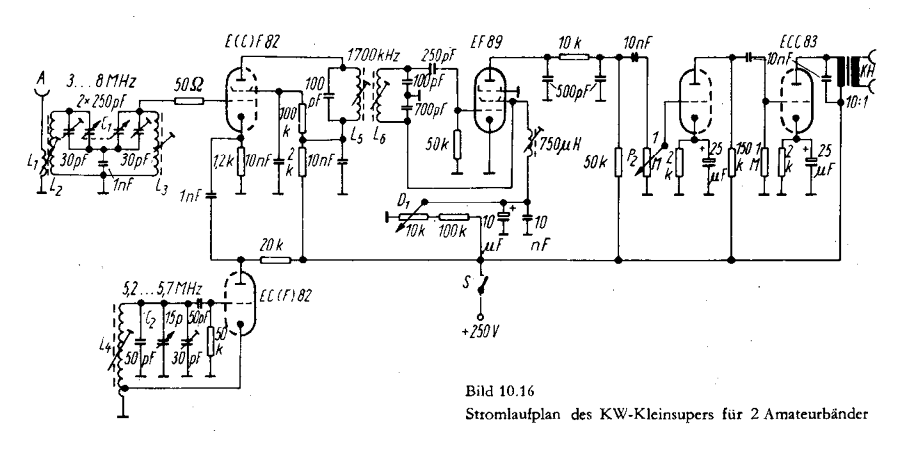
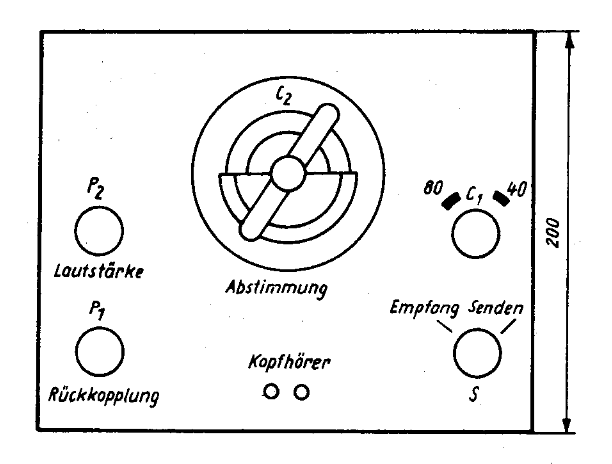



Bild 10.16
Stromlaufplan des KW-Kleinsupers für 2 Amateurbänder



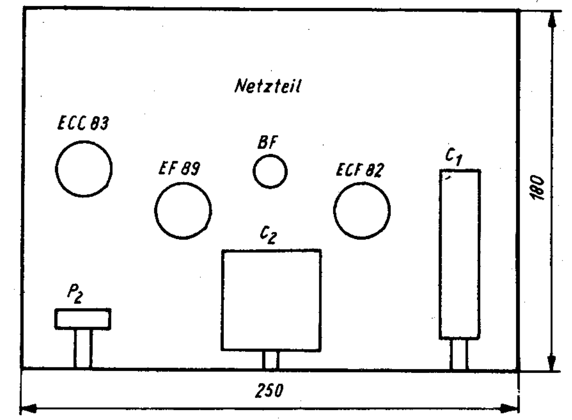




Bild 10.17
Aufbauschema der Frontplatte und des Chassis beim KW-Kleinsuper

teurband grob eingestellt. Der Oszillator arbeitet in ECO-Schaltung und ist von 5,2 bis 5,7 MHz abstimmbar. Auf der Achse des Oszillator-Drehkondensators wurde der Skalenzeiger befestigt. Die Skale eicht man für die beiden Amateurbänder.

Zur Mischung wird die Oszillatorfrequenz kapazitiv an die Katode der Mischröhre gekoppelt. Als Mischoszillatorröhre findet die Röhre *ECF 82* Verwendung. Im Anodenkreis der Mischröhre liegt das auf 1,7 MHz abgestimmte ZF-Bandfilter. Die Demodulation erfolgt in einer rückgekoppelten Audionschaltung mit der Röhre *EF 89*. Die Rückkopplung arbeitet mit einer kapazitiven Spannungsteilung über das Schirmgitter. Die Regelung der Rückkopplung nimmt man durch Verändern der Schirmgitterspannung mit Hilfe des Potentiometers P 1 vor. Die demodulierte NF-Spannung wird in einem 2stufigen NF-Verstärker mit der Röhre *ECC 83* verstärkt. Im Ausgang liegt ein NF-Überträger 4 : 1, an dem wir die Kopfhörer anschließen. Der Netzteil wird in üblicher Weise für Wechselstrombetrieb aufgebaut. Der Schalter S schaltet bei Sendebetrieb die Anodenspannung des Empfängers ab.

Bild 10.17 zeigt einen Aufbauvorschlag für diesen Empfänger, aus dem alle Einzelheiten

hervorgehen. Beim Eingangsbandfilter ist darauf zu achten, daß sich die Spulen $L_2$ und $L_3$ nicht koppeln dürfen. Entweder werden abgeschirmte Spulenkörper (Abstand etwa 50 mm) verwendet, oder man fügt ein Abschirmblech zwischen beiden Spulen ein. Die Bandfilterspulen $L_5/L_6$ sind induktiv gekoppelt. Offene Spulen werden in einem Abstand von etwa 30 mm gegeneinander aufgebaut. Allerdings lassen sich auch übliche Bandfilter, z. B. *Görler*-Filter mit Kammer-Körper, verwenden, die man aber entsprechend umwickeln muß. Für die einzelnen Spulen gelten etwa folgende Induktivitätswerte:

$L_1$ $^1/_4$ der Windungszahl von $L_2$,
$L_2$ und $L_3$ 10 μH,
$L_4$ 10 μH, Anzapfung bei $^1/_6$ der Windungszahl,
$L_5$ und $L_6$ 85 μH.

Die Abstimm-Drehkondensatoren können aus dem Drehkondensatorbaukasten (VEB *Vorrichtungsbau* Dessau) hergestellt werden. Bei CW-Empfang wird wie bei jedem anderen Audionempfänger verfahren.

*Stückliste*

Röhren *ECF 82*, *EF 89*, *ECC 83*
4 HF-Kammer-Spulenkörper *(Görler)*
ZF-Bandfilter *(Görler)*
Potentiometer 10 kΩ lin.
Potentiometer 1 MΩ log.
3 Trimmer 30 pF
2 Elektrolytkondensatoren 25 μF (5/8 V)
Elektrolytkondensator 10 μF (100/110 V)
Drehkondensator 1polig
NF-Übertrager 4 : 1
Kondensatoren
Widerstände

## 10.8. Einfaches NF-Filter für CW-Empfang

Viele ältere und auch oft selbstgebaute KW-Empfänger haben den Nachteil, daß sie für den Empfang von CW-Signalen zu breitbandig sind. Die Einengung des Übertragungsbereiches bereitet hochfrequenzseitig, z. B. durch Einfügen eines Quarzfilters, dem Anfänger natürlich Schwierigkeiten. Wesentlich einfacher ist es, wenn man den übertragenen NF-Bereich einengt. Bild 10.18 zeigt die Schaltung für ein einfaches NF-Filter, das man als Zusatzgerät zum KW-Empfänger sehr einfach realisieren kann. Die Schaltung besteht aus 2 NF-Verstärkerstufen, die über 2 NF-Schwingkreise gekoppelt sind. Mit den angegebenen Werten haben die NF-Schwingkreise eine Resonanzfrequenz von etwa 750 Hz. Wird der 2. NF-Kreis abgeschaltet, so ist die NF-Bandbreite etwa 1000 Hz. Mit beiden NF-Schwingkreisen kann je nach Spulengüte die NF-Bandbreite bis auf etwa 100 Hz herabgesetzt werden (evtl. Kopplungskondensator $C$ mit kleinerer Kapazität vorsehen).
Die Schaltung ist im Aufbau unkritisch. Für die Induktivitäten verwendet man hochwertige Schalenkerne oder streuarme Toroideisenkerne. Mit S 1 kann der selektive NF-Verstärker für den Fonieempfang überbrückt werden. S 2 gestattet das Abschalten des 2. NF-Schwingkreises, um eine größere Bandbreite zu erzielen. Der Lautsprecher-Ausgangsübertrager Tr hat primärseitig eine Impedanz von etwa 10 kΩ, während die Sekundärseite dem Schwingspulenwiderstand des Lautsprechers entspricht. Wer nur mit Kopfhörerbetrieb arbeitet, kann den Ausgangsübertrager Tr entfallen lassen, an seine Stelle kommt in den Anodenkreis ein Widerstand von 10 kΩ. Diese Schaltung für ein NF-Filter fügt man zwischen dem Ausgang des KW-Empfängers und dem Kopfhörer ein. Am KW-Empfänger selbst sind

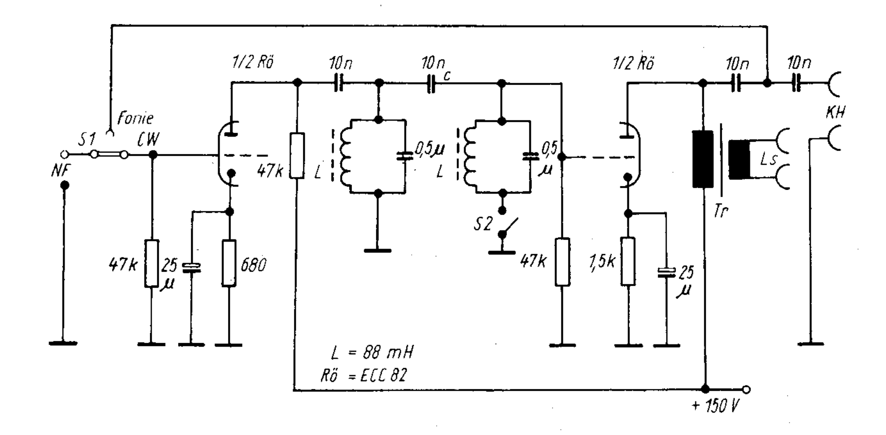



Bild 10.18
Stromlaufplan des einfachen NF-Filters für besseren CW-Empfang

keine Veränderungen erforderlich, wenn er für den Kopfhörerbetrieb ausgelegt ist. Weist er dagegen eine NF-Endröhre für Lautsprecherbetrieb auf, so koppelt man die NF-Spannung für das NF-Filter besser am Steuergitter der NF-Endröhre aus.

## 10.9. Schaltung für einfaches S-Meter

Wenn man Empfangsbeobachtungen auf den KW-Amateurbändern durchführt, so ist der gefühlsmäßigen Angabe der Signalstärke des empfangenen Sendersignals die Anzeige durch ein Meßwerk vorzuziehen. Allerdings wird der Anfänger kaum in der Lage sein, ein solches S-Meter genau zu eichen, weil der Meßaufwand zu hoch ist. Aber für die praktische Tätigkeit des Anfängers reicht die in Bild 10.19 gezeigte Schaltung für ein S-Meter völlig aus. Zusätzlich kann man das S-Meter auch noch für andere Aufgaben verwenden, z. B. wenn man unterschiedliche Empfangsantennen auf ihre Eignung überprüfen will.

Die Schaltung in Bild 10.19 ist weiter nichts als ein einfaches Röhrenvoltmeter in Brükkenschaltung, das an die Regelspannung des KW-Superhetempfängers angeschlossen wird. Mit zunehmender Regelspannung, was

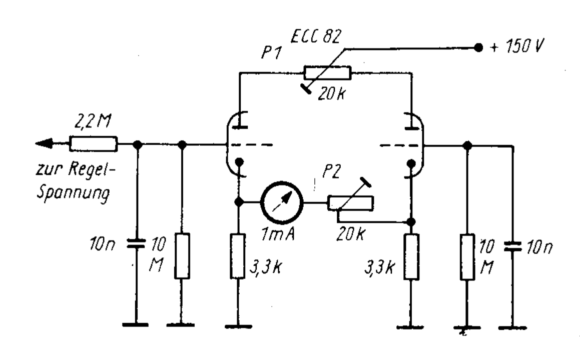



Bild 10.19
Stromlaufplan für ein einfaches S-Meter zur Signalstärkebeurteilung

einem Ansteigen der Signalstärke entspricht, nimmt auch der Zeigerausschlag zu. Damit verlaufen auch folgerichtig die Werte für die Signalstärken S 1 ... S 9 von links nach rechts. Das S-Meter wird nur grob geeicht. Bei herausgezogener Antenne und ohne Sendersignal wird mit dem Einstellregler P 1 der Zeiger auf den Nullpunkt des Meßwerks eingestellt. Dann schließt man die Antenne an und stellt einen lautstarken Sender ein. Jetzt wird mit dem Einstellregler P 2 der Zeiger des Meßwerkes auf Vollausschlag eingestellt. Damit ist dieses einfache S-Meter betriebsbereit. Die Angabe eines ungefähren S-Wertes bereitet nun keine Schwierigkeiten.

# 11. UKW – der moderne Empfangsbereich

Mit der Einführung des UKW-Rundfunks hat der Hörrundfunk bedeutend an Qualität in der Wiedergabe gewonnen. Das liegt einmal in dem erweiterten Frequenzbereich der übertragenen Tonfrequenz, zum anderen in der geringen Störanfälligkeit der Ultrakurzwellen begründet. Für eine gute Wiedergabequalität wird deshalb der UKW-Bereich den anderen Wellenbereichen beim Hörrundfunkempfang vorgezogen. Moderne Rundfunkempfänger sind heute für den UKW-Empfang im Bereich von 87,5 bis 100 MHz eingerichtet. Wer einen älteren Rundfunkempfänger besitzt oder eine elektroakustische Anlage aufbauen will, sollte sich eines speziellen UKW-Superhets bedienen, der auch für den Empfang von Stereosendungen ausgelegt ist.

## 11.1. Der Neumann-Eingangsteil

Den wichtigsten Bauteil der UKW-Empfangsanlage bildet der Eingangsteil, der früher von der Firma *G. Neumann* unter der Bezeichnung *U 5* hergestellt wurde. Die Abmessungen dieses Eingangsaggregates: 85 mm × 58 mm × 85 mm. Es hat einen starren konstruktiven Aufbau und eine präzise Achslagerung. Die Achsstummellängen betragen bei einem Durchmesser von 6 mm je 12 mm und eignen sich für den Antrieb in beiden Richtungen. Hochfrequenzmäßig liegt ein günstiger Aufbau vor; die Abgleichpunkte sind bequem zugänglich. Ebenso kann leicht ein Röhrenwechsel nach dem Einbau vorgenommen werden. Auf dem Aggregat *U 5* ist das 1. ZF-Filter mit aufgebaut. Als Schaltelemente wurden keramische Kondensatoren und Spulenkörper aus Polystyrol verwendet. Die Abstimmung der Spulen erfolgt mit Aluminiumkernen. Der Triodeneingang ist in Zwischenbasisschaltung ausgeführt. Die Mischung erfolgt additiv. Die Oberwellenabstrahlung ist bei diesem Einbauteil gering, und er hat durch eine Temperaturkompensation eine hohe Frequenzkonstanz. Durch die geteilte Antriebsachse wird eine Gleichlaufkorrektur möglich. Der Eingang ist für 300 Ω vorgesehen. Die selbstschwingende Mischtriode hat induktive Rückkopplung und Oberwellensperre. Die Symmetrierung erfolgt kapazitiv. Das Aggregat, mit der Röhre *ECC 85* bestückt, kann für Allstrom auch mit der Röhre *UCC 85* verwendet werden. Die Zwischenfrequenz beträgt 10,7 MHz. Der Einbau des Aggregates erfolgt unter dem Chassis, wodurch günstig kurze Verbindungsleitungen gewährleistet sind. Durch die Dreipunktbefestigung wird erreicht, daß sich das Aggregat auf einem nicht völlig ebenen Chassisblech kaum verspannen kann. Weiterhin ergibt sich dadurch eine gute Masseverbindung. Der Nachabgleich des Eingangsbandfilters hängt stark von der verwendeten Antenne ab, es wird auf Bandmitte (94 MHz) abgestimmt. Beim Nachabgleich von Zwischen- oder Oszillatorkreis muß bei abgenommenem Bodenblech (Achtung! Lötstelle!) mit einer Pinzette das

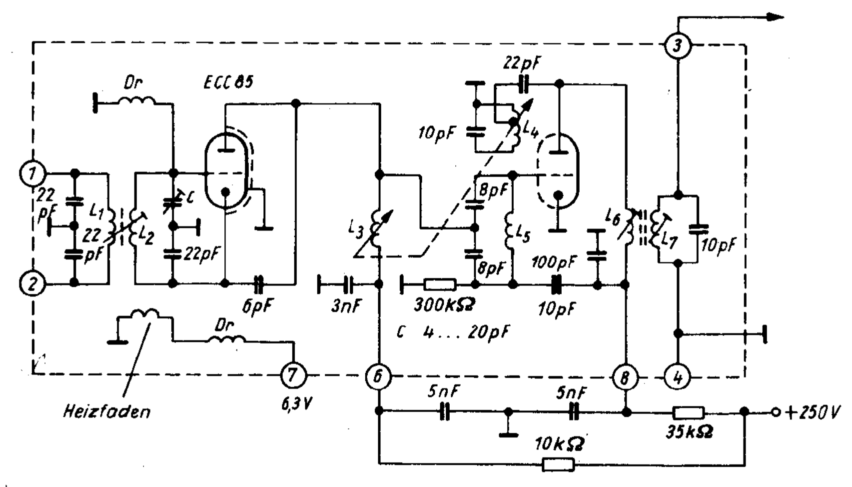



Bild 11.1
Schaltung des UKW-Eingangstuners der Firma *G. Neumann*

Kernantriebsseil des Zwischenkreises geringfügig und vorsichtig in der einen oder anderen Richtung verschoben werden. Dieser Nachabgleich wird aber kaum erforderlich sein. Die Notwendigkeit des ZF-Nachabgleiches hängt von der Länge und der Kapazität der ZF-Fortleitung vom Kontakt 3 zum ZF-Verstärker ab. Die Abgleichpunkte liegen bequem zugänglich auf der Deckplatte. Blickt man auf die Lötösen, so befindet sich rechts der Primärkreis und links der Sekundärkreis des ZF-Bandfilters. Durch dieses neue Gerät ist das Frequenzspektrum von 87 bis 100 MHz über die ganze Skale gleichmäßig verteilt.

Bild 11.1 zeigt die Schaltung des von der Firma *G. Neumann* vorabgeglichen gelieferten UKW-Eingangsteiles *U 5*. Am Sekundärkreis des eingebauten Bandfilters erhalten wir die Zwischenfrequenz von 10,7 MHz. Die nachfolgenden Schaltungen wurden ursprünglich mit dem *Neumann*-Eingangsaggregat *U 4* und den Bandfiltern BF 15 und BF 16 aufgebaut. Danach lieferte die Firma *G. Neumann* KG das verbesserte UKW-Eingangsaggregat *U 5* (gleiche Anordnung der Befestigungspunkte wie *U 4*) und die Bandfilter BF 25 und BF 26 (mit verkleinerten Abmessungen). Schaltungsmäßig ergeben sich keine Veränderungen.

Ein röhrenbestücktes UKW-Eingangsteil kann der Elektronikamateur auch im Eigenbau herstellen. Wird eine kapazitive Abstimmung mit einem UKW-Drehkondensator vorgenommen (ein Drehkondensatorpaket jeweils parallel zu $L_3$ und zu $L_4$), so ergeben sich bei Verwendung von Zylinderspulenkörpern mit 6 bis 8 mm Durchmesser etwa folgende Windungszahlen:

$L_1$ – 3 Wdg., 0,5-mm-CuL, an der Katodenseite zwischen $L_2$ gewickelt;
$L_2$ – 5 Wdg., 1,0-mm-CuAg, mit Abstand gewickelt, Alu-Abgleichkern;
$L_3$ – 3 bis 4 Wdg., 1,0-mm-CuAg, sonst wie $L_2$;
$L_4$ – wie $L_3$, Anzapfung 1 bis 2 Wdg. von Masse;
$L_5$ – 1 bis 2 Wdg., 0,5-mm-CuL, auf $L_4$ gewickelt;
$L_6$ – 30 bis 40 Wdg., 0,2-mm-CuL, HF-Eisen-Abgleichkern;

$L_7$ – wie $L_6$, Abstand zu $L_6$ etwa 8 bis 10 mm;
Dr – 25 bis 30 Wdg., 0,2-mm-CuL, 6 mm Durchmesser.

Parallel zu den Drehkondensatorpaketen schaltet man noch zum besseren Abgleich jeweils einen Keramik-Trimmerkondensator mit 20 F Endkapazität.

## 11.2. Der UKW-ZF-Verstärker

Der UKW-Empfangsteil kann mit 9 oder 11 Kreisen aufgebaut werden. Für den 9-Kreis-Super benötigen wir einen 2stufigen ZF-Verstärker mit dem Bandfilter BF 15 und dem Ratiodetektorfilter BF 16, die beide die Firma *G. Neumann* herstellte. Bei 11 Kreisen kommt eine weitere ZF-Verstärkerstufe mit dem Bandfilter BF 15 hinzu (Bild 11.2).
Der Bau eines solchen Hochleistungsgerätes erfordert mehr Kenntnisse der UKW-Technik als etwa ein 9-Kreiser, weil die ZF-Verstärkung wesentlich höher ist und damit stärkere Neigung zur Selbsterregung vorliegt. Es muß hier unbedingt auf kürzeste Leitungsführung innerhalb der einzelnen ZF-Stufen geachtet werden. Insbesondere die Gitter- und Anodenleitungen sind extrem kurz auszuführen, indem man die Röhrenfassungen und die Bandfilter so anordnet, daß die Lötanschlüsse zueinander zeigen. Günstiger ist es, wenn sich die Lötanschlüsse berühren, damit man sie besser verlöten kann. Die Spiralkeilhalterungen der Filter 15 und 16 begünstigen diesen Vorgang besonders. Die kalten Heizfadenenden der ZF Röhren sind getrennt von den übrigen Massepunkten der einzelnen Stufen an den freien Fassungsbefestigungsschrauben zu erden. In gleicher Art ist mit den 5-nF-Kondensatoren (Epsilan) an den Heizfäden der Röhren *EF 89*, *EF 85* (bzw. *EF 80*) und *EABC 80* zu verfahren. Die Anschlußdrähte der Schirmgitter- und Anodensiebkondensatoren (3 bzw. 5 nF) sollen ganz kurz gehalten werden und die Kondensatoren unmittelbar an den Röhrenfassungen sitzen. Auch die richtige Wahl der Masseanschlüsse der Begrenzungsglieder *(RC)* ist für die Unterdrückung der Schwingneigung von Bedeutung. Sollte trotzdem noch in geringem Umfang Schwingneigung auftreten, so sind die Anodenseiten der ZF-Filter 15 mit Widerständen 30 kΩ/0,1 W zu bedämpfen, indem diese Widerstände möglichst innerhalb der Filterabschirmbecher parallel zu den betreffenden Wicklungen gelegt werden.
Der Widerstand 1 MΩ zwischen Anodenspannung und Diodenelektrode 2 dient der Rauschunterdrückung beim Übergang von einem Sender zum anderen. Man kann zur stärkeren Rauschunterdrückung auch kleiner dimensionieren, jedoch geschieht das auf Kosten der Modulationslautstärke, d. h., sehr schwache Sender werden unterdrückt. Die Röhre *EF 85* läßt sich mit gutem Erfolg zur besseren Störunterdrückung durch eine *EF 80* ersetzen, wobei diese steilere Röhre dann mit einem Anodenwiderstand von 100 Ω an Stelle von 1 kΩ zu betreiben ist. Die Begrenzung bzw. deren Einsatz hängt von der Zeitkonstante der im Zuge Gitter-Katode der ZF-Röhren (*EF 89*, *EF 85* bzw. *EF 80*) liegenden *RC*-Kombination ab. Bekanntlich wird die Begrenzerröhre nicht mit einer festen Gittervorspannung betrieben, sondern die Verstärker- und Begrenzerwirkung bestimmt das *RC*-Glied, dessen Zeitkonstante und die Wahl des Arbeitspunktes (Schirmgitterspannung). Die Begrenzung soll möglichst schon bei schwachen Sendern einsetzen. In der ZF-Stufe, die sich unmittelbar vor der Demodulationsstufe befindet, sind die Werte 100 kΩ und 100 pF empfehlenswert; in der davorliegenden Stufe können Werte von 500 bis 100 kΩ und 50 pF die Begrenzung günstiger gestalten. Die Begrenzung setzt dann schon bei einem Signal von weniger als 3 μV ein. Zur Unterstützung

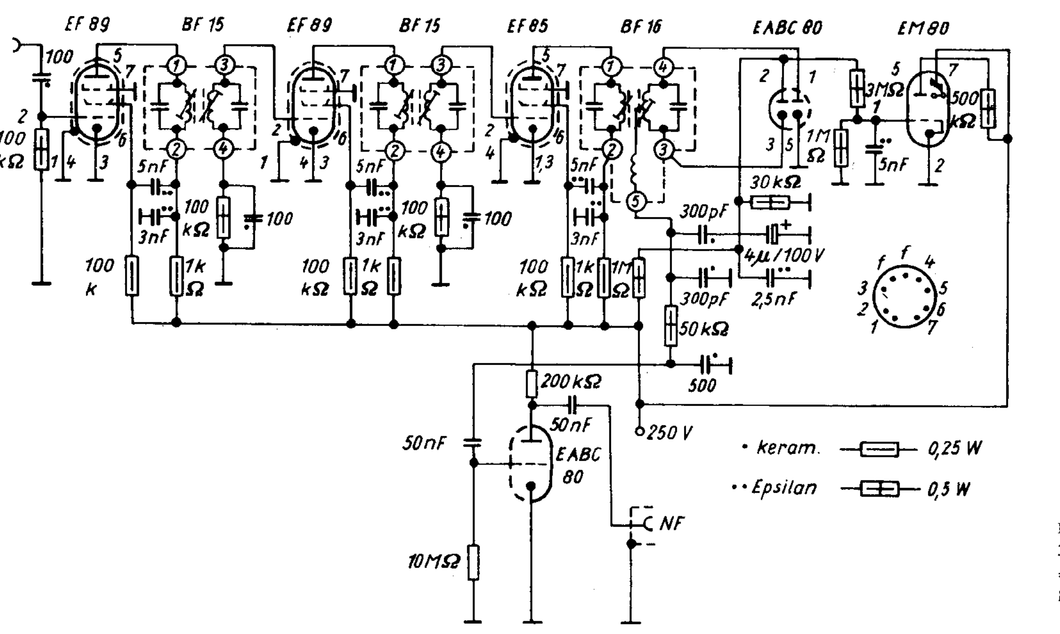



Bild 11.2
3stufiger ZF-Verstärker (ZF = 10,7 MHz) für einen 11-Kreis-UKW-Superhet

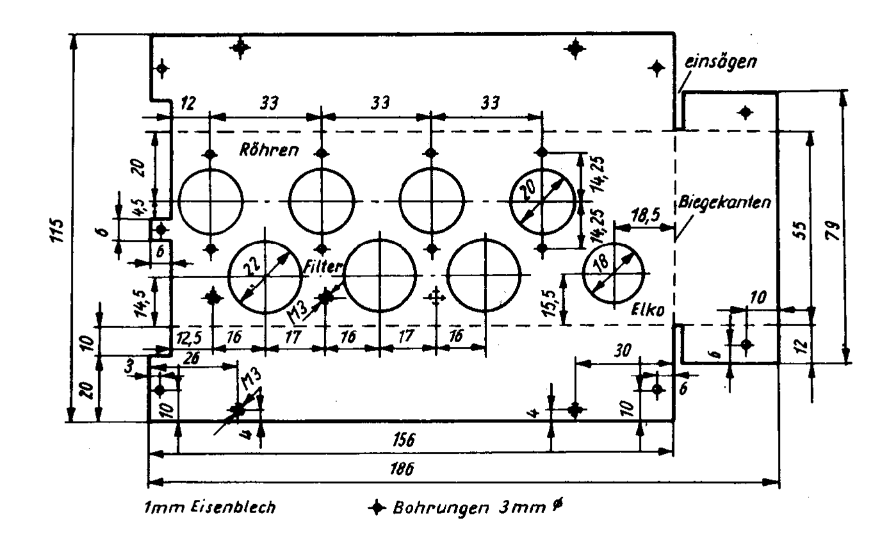



Bild 11.3
Maßskizze für das Chassis des UKW-Superhets

der Begrenzerwirkung sei noch an die Möglichkeit der Bremsgitterregelung erinnert, wobei das Bremsgitter der *EF 85* bzw. *EF 80* an die Diodenelektrode 2 kurz und möglichst mittels abgeschirmter Leitung anzuschließen ist.
An Stelle der Röhre *EABC 80* kann man auch die Doppeltriode *EAA 91* für den Ratiodetektor verwenden. Erfordert der nachfolgende NF-Verstärker eine längere Zuleitung, so empfiehlt es sich, den NF-Ausgang des UKW-Teiles niederohmig auszuführen (s. Bild 11.4). Dazu wird eine Triode *EC 92* in Anodenbasisschaltung (Katodenverstärker) geschaltet. An der Katode kann dann die NF-Spannung entnommen und mit einer längeren Leitung dem NF-Verstärker zugeführt werden, ohne daß die Gefahr von Brummeinstreuungen besteht. Bild 11.3 zeigt einen Vorschlag für das Chassis des UKW-Supers. Für den weniger Geübten ist es allerdings ratsamer, Eingangsteil, Röhren und Bandfilter aufeinanderfolgend wie im Schaltbild anzuordnen, da dann bei der Verdrahtung weniger Schwierigkeiten auftreten.

## 11.3. UKW-Empfangsteil für Musikanlage

Den Empfang von Rundfunkprogrammen bei einer hochwertigen Musikanlage sollte man vor allem im UKW-Bereich vornehmen, weil dort große Störfreiheit vorhanden ist und außerdem die übertragene NF-Bandbreite alle Qualitätsansprüche befriedigt. Da im UKW-Bereich mit Frequenzmodulation gearbeitet wird, entfallen vor allem die atmosphärischen Störungen, außerdem kann infolge der großen ZF-Bandbreite ein breites NF-Band übertragen werden. Abweichend von Empfangsschaltungen bei K-M-L- ist lediglich der Demodulatorteil des UKW-Empfängers anders ausgelegt.
Bild 11.4 zeigt die Schaltung für einen UKW-Empfangsteil mit 9 Kreisen (3 im Eingang,

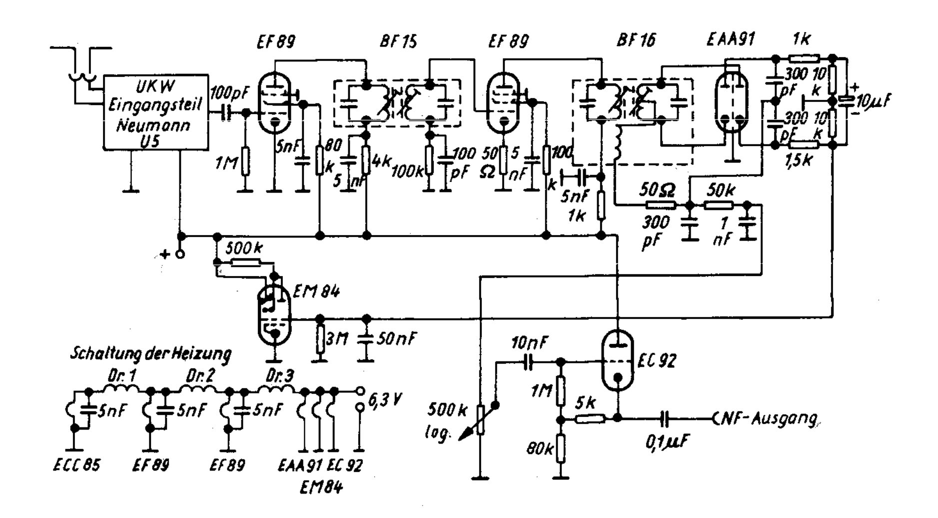



Bild 11.4
Schaltung des UKW-Empfangsteiles für eine Musikanlage

6 im ZF-Teil). Im Eingang wird der bewährte UKW-Eingangsteil *U 5* verwendet (s. Abschn. 11.1.). Neben dem Eingangskreis, dem Zwischenkreis und dem Oszillatorkreis enthält er ausgangsseitig ein 2kreisiges Bandfilter für 10,7 MHz. Da der UKW-Eingangsteil vorabgeglichen geliefert wird, entfällt eine Menge Arbeit. Beim Einkauf des gesamten UKW-Spulensatzes erhält man auch die Bandfilter BF 15 und BF 16. Das Bandfilter BF 16 ist das Ratiodetektor-Bandfilter für die Demodulation. Im UKW-Eingangsteil erfolgt die Umsetzung des Eingangssignals auf die Zwischenfrequenz von 10,7 MHz. Diese gelangt vom Ausgang des Eingangsteiles über den Kondensator von 100 pF an das Steuergitter der ersten ZF-Röhre *EF 89*. Über ein Bandfilter BF 15 ist die 2. ZF-Röhre *EF 89* angeschlossen. Infolge des großen Schirmgitterwiderstandes dieser Röhre (100 kΩ), durch den eine kleine Schirmgitterspannung auftritt, und durch die am Steuergitter liegende *RC*-Kombination (100 kΩ/100 pF) wird die verstärkte ZF-Spannung begrenzt. Im Anodenkreis liegt dann das spezielle Demodulatorbandfilter BF 16. Als Demodulator wird ein symmetrischer Ratiodetektor mit der Röhre *EAA 91* benutzt. Die NF-Spannung erhält man nach dem Siebglied 50 kΩ/1 nF. Zu beachten ist, daß der Elektrolytkondensator 10 µF/100 V isoliert vom Chassis aufgebaut wird.

Vom Ratiodetektorteil erhält man auch die Steuerspannung für die Abstimmanzeigeröhre *EM 84*. Die NF-Spannung wird über einen Lautstärkeregler (500 kΩ log.) geführt und steuert die in Anodenbasisschaltung arbeitende Röhre *EC 92*. An der Katode erhält man niederohmig das Ausgangssignal, das nun über längere Leitungen zum Mischverstärker der Musikanlage gelangen kann, ohne daß Brummeinstreuungen zu befürchten sind. Um Verkopplungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, bei den hochfrequenzführenden Röhren die Heizspannungszuführung zu verdrosseln und die Heizfäden kapazitiv mit 5 nF zu überbrücken (s. Bild 11.4). Die Heizdrosseln Dr 1 bis Dr 3 kann man leicht selbst herstellen. Man nimmt für

eine Drossel 750 mm Kupferlackdraht von 0,5 mm Durchmesser und wickelt diesen eng auf einen 6 mm starken Dorn. Anschließend wird die Spule auf dem Dorn dick mit *Duosan* bestrichen. Nach dem Trocknen hat man eine fest zusammengefügte Heizdrossel.

Da man den UKW-Eingangsteil vorabgeglichen erhält, ist die Abstimmung des Empfangsteiles verhältnismäßig einfach. Vor dem 100-pF-Kondensator der 1. ZF-Röhre wird von einem Prüfsender ein Signal (10,7 MHz) gekoppelt. Alle ZF-Kreise werden auf Maximum der Lautstärke abgeglichen. Zur Anzeige kann die Abstimmanzeigeröhre dienen oder ein hochohmiges Meßinstrument, das man parallel zum Elektrolytkondensator im Ratiodetektorteil legt. Die ZF-Kreise werden in der Reihenfolge von hinten (Ratiodetektor) nach vorn (1. ZF-Röhre) abgeglichen. Für den Aufbau des Chassis sollte der Leser die Hinweise in Abschnitt 11.2 beachten. Für Musikanlagen empfiehlt sich eine flache Bauweise mit eventuell senkrecht angeordnetem Chassis.

Wenn man die UKW-Bandfilter 10,7 MHz für Röhrenschaltungen nicht mehr erhält, kann man diese Filterkreise auch selbst herstellen. Dazu verwendet man lange Zylinderspulenkörper mit 2 HF-Eisen-Abgleichkernen. Bei einer Parallelkapazität von 20 bis 30 pF beträgt die Induktivität etwa 7 bis 11 µH. Ist der Spulenkörper 6 bis 8 mm stark, dann sind 25 bis 40 Wdg., 0,2-mm-CuL, aufzubringen. Der Abstand zwischen beiden Spulen soll 8 bis 10 mm betragen. Beim Ratiodetektorfilter hat die Sekundärspule eine Mittelanzapfung. Wegen der erforderlichen Symmetrie sollte die Wicklung bifilar ausgeführt werden. Die Kopplungsspule wird mit etwa 3 Wdg., 0,2-mm-CuL, auf das kalte Ende der Primärspule gewickelt. Die Röhrendioden im Ratiodetektor können auch durch HF-Halbleiterdioden ersetzt werden.

## 11.4. UKW-Antennen selbstgebaut

Zum Empfang von Sendungen auf dem Lang-, Mittel- oder Kurzwellenbereich benutzt man als Antenne entweder eine Zimmerantenne, die Wasserleitung oder eine Hochantenne. Die Antennenlänge steht dabei in keinem bestimmten Verhältnis zur ausgestrahlten Wellenlänge, so daß man von unabgestimmten Antennen sprechen kann. Das ist im UKW-Bereich (bei Rundfunk- und Fernsehübertragungen) anders. Für den Empfang dieser Sendungen benötigt man abgestimmte Antennen, deren geometrische Abmessungen in einem bestimmten Verhältnis zur ausgestrahlten Wellenlänge eines Senders in diesem Frequenzbereich stehen.

UKW-Antennen werden in den verschiedensten Bauformen industriell gefertigt. Für den Selbstbau eignen sich einfache Antennenformen, die man aus UKW-Bandleitung leicht herstellen kann. Bild 11.5 zeigt einige Antennenformen für den Selbstbau. Antennenform 1 stellt einen einfachen Schleifendipol dar, der aus einem Stück eines 240-Ω-Flachbandkabels hergestellt ist. Zu der in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Länge werden 20 mm zugegeben. An jeder Seite isoliert man 10 mm ab und verlötet die beiden Adern jeweils miteinander. In der Mitte der Schleife wird unten aufgeschnitten und die Zuleitung zum Empfänger angelötet. Diese Zuleitung besteht ebenfalls aus dem Bandkabel, für das man vorteilhaft die breite Sorte verwendet. Die Zuleitung kann beliebig lang sein. An das empfängerseitige Ende werden 2 Bananenstecker oder ein UKW-Anschlußstecker angeschlossen. Den Dipol kann man in einem Zimmer auf der Gardinenleiste oder auf dem Hausboden zwischen den Dachsparren befestigen. Die Zuführung zum Empfänger wird mit UKW-Zimmerisolatoren verlegt. Bei nicht zu großer Entfernung des Senders

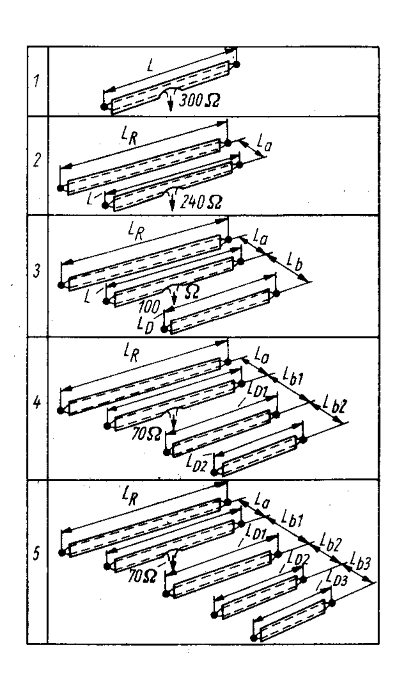



Bild 11.5
Selbstbau-Antennenformen für den UKW-Empfang

läßt sich mit dieser Antenne bereits ein brauchbarer Empfang erzielen.
Die Teilbilder 2 und 3 zeigen weitere Antennen, die aus Flachbandkabel hergestellt werden können. Teilbild 2 stellt eine Antenne mit Reflektor dar, bei Teilbild 3 kommt noch ein Direktor hinzu. Es bringt keinerlei Vorteil, wenn man weitere Reflektoren anordnet. Eine Leistungssteigerung ist möglich durch das Anbringen weiterer Direktoren vor der Antenne sowie durch Vergrößern der Antennenfläche. Das erreicht man durch das Anordnen mehrelementiger Antennen über- und nebeneinander. Da aber beim Erweitern der Antenne die Anpassungsprobleme schwierig werden, muß man die entsprechende Fachliteratur zu Rate ziehen. Durch Hinzufügen weiterer Direktoren erhält man die Antennenformen 4 und 5. Mit steigender Elementezahl wird der Fußpunktwiderstand der Antenne immer geringer. Das ist beim Anschluß der Zuleitung zur Antenne zu beachten. Industrielle Antennen werden meist so konstruiert, daß der Anschlußwiderstand 240 Ω beträgt. Es läßt sich also normales UKW-Bandkabel anschließen. Bei der selbstgebauten mehrelementigen Antenne muß man deshalb ein geeignetes Anpaßstück von einem Viertel der Wellenlänge (bei UKW unter Berücksichtigung des Verkürzungsfaktors des Bandkabels etwa 650 mm) zwischen Antenne und Zuführung schalten. Das Anpaßstück muß folgenden Widerstand haben:

$$Z = \sqrt{Z_A \cdot Z_E},$$

wobei alle Werte in Ω eingesetzt werden. Verwendet man 240-Ω-Bandkabel, so ergibt sich für die Antennenform 3

$$Z = \sqrt{100 \cdot 240} = 100\sqrt{2{,}4} = 155\,\Omega$$

und für die Antennenformen 4 und 5

$$Z = \sqrt{70 \cdot 240} = 100\sqrt{1{,}68} = 130\,\Omega.$$

Als Anpaßstück werden 2 650 mm lange Bandkabelstücken nach Bild 11.6 parallelge-

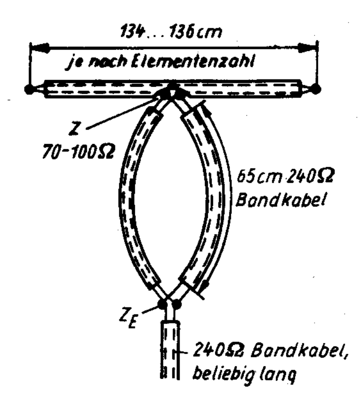



Bild 11.6
λ/4-Anpaßstück für mehrelementige UKW-Antennen

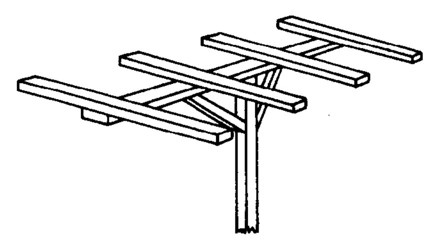


Bild 11.7
Holzgerüst für den Aufbau der Selbstbau-UKW-Antenne

schaltet. Auseinandergerückt ist ein Widerstand von 120 Ω, eng zusammengelegt ein Widerstand von etwa 170 Ω vorhanden. Man kann also mit dem Abstand, der z. B. durch eine Holzleiste festgelegt wird, eine ungefähre Anpassung vornehmen. Bild 11.7 zeigt ein einfaches Antennengerüst, auf dem sich die Bandkabelantenne befestigen läßt. Die Anzahl der Querträger richtet sich nach der Anzahl der verwendeten Antennenelemente. Dieses Holzgerüst wird aus einfachen Holzleisten hergestellt und nach der Fertigstellung imprägniert. Die Bandkabelstücke werden senkrecht befestigt. Die Daten für Länge und Abstand entnimmt man der beigefügten Tabelle.

Das Anbringen der Antenne über der Dachhaut ist nicht zu empfehlen, da die Bandkabelstücke sich unter Wettereinfluß verschlechtern. Außerdem muß man dann die einschlägigen Blitzschutzbestimmungen beachten. Wertvolle Hinweise über Antennen gibt das im gleichen Verlag herausgegebene *Antennenbuch* von *K. Rothammel.*

## 11.5. Einfacher 2-m-Konverter

Für den Empfang des 2-m-Amateurbandes verwendet der Funkamateur meistens einen Konverter (Frequenzumsetzer), den er vor seinen KW-Empfänger schaltet. Die Eingangsfrequenz (144 bis 146 MHz) wird mit einer Oszillatorfrequenz gemischt und die entstehende Zwischenfrequenz dem nachgeschalteten Empfänger zugeführt, den man auf diese Zwischenfrequenz abstimmt. Für den Anfänger zeigt Bild 11.8 eine einfache Konverterschaltung mit einer Doppeltriode *ECC 85*. Es können auch die Röhren *ECC 81* oder *ECC 84* in dieser Schaltung verwendet werden. Im Gitterkreis des 1. Triodensystems liegt der Eingangskreis, der fest auf Bandmitte (145 MHz) abgestimmt wird. Wenn man die Antenne über Koaxialkabel (70 Ω) anschließt, so erfolgt das Anzapfen bei einer Windung vom kalten Ende der Spule $L_1$. Bei Verwendung von Bandkabel (240 Ω) benutzt man eine Koppelspule von 2 Windungen aus isoliertem Schaltdraht, die über die Spule $L_1$ gewickelt wird.

Das 2. Triodensystem arbeitet als Oszillator im Frequenzbereich von 133,3 bis 135,3 MHz. Damit ergibt sich für den Empfang des 2-m-Amateurbandes eine feste Zwischenfrequenz von 10,7 MHz. Die Mischung erfolgt im 1. Triodensystem über die vorhandenen Röhrenkapazitäter Sollten diese nicht ausreichen, so kann von der Anode des 2. Triodensystems zum Gitter des 1. Trio-

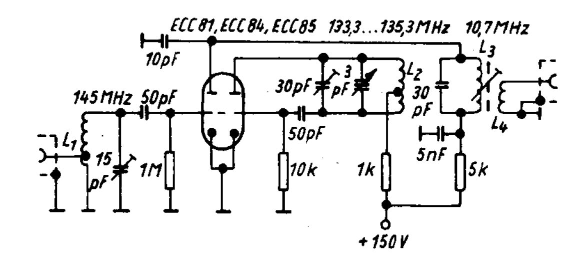



Bild 11.8
Einfache Konverterschaltung für das 2-m-Band

densystems ein kleiner Kondensator von 1 bis 2 pF geschaltet werden. Der ZF-Kreis von 10,7 MHz liegt im Anodenkreis des 1. Triodensystems. Über die Koppelspule $L_4$ wird mit einem Koaxialkabel der nachfolgende Empfänger angeschlossen. Es empfiehlt sich, die Anodenspannung von 150 V zu stabilisieren. Alle Kreise werden mit einem Grid-Dip-Meter eingestellt. Für die einzelnen Spulen gelten folgende Windungsangaben:

$L_1$ – 3 Wdg., 10 mm Durchmesser
$L_2$ – 2 Wdg., 12 mm Durchmesser, 1 mm Kupferdraht versilbert
$L_3$ – ZF-Becher, 10,7 MHz (*Neumann* BF 15)
$L_4$ – 4 bis 6 Wdg. über kaltem Ende des ZF-Kreises, 0,3-mm-CuL

# 12. Einfache Meß- und Prüfgeräte

## 12.1. Strom- und Spannungsmessungen

Der Elektronikamateur wird sich bei seinem fertiggestellten Selbstbaugerät von der Größe der anliegenden Betriebsspannungen bzw. -ströme überzeugen, damit keine Überlastungen irgendwelcher Bauelemente auftreten. Das geeignetste Meßgerät ist ein Vielfachmesser, der verschiedene Meßbereiche für Strom- und Spannungsmessungen bei Gleich- und Wechselstrom hat. Ein solches Meßgerät ist natürlich teuer; man kann es aber in den Klubstationen der Funkamateure der *Gesellschaft für Sport und Technik* kostenlos benutzen – wie übrigens auch andere Meßgeräte. Der Selbstbau eines Vielfachmessers ist kompliziert, da bei Messungen von Wechselstrom bzw. Wechselspannungen eine Gleichrichtung vorgesehen werden muß, woraus für diese Bereiche ein anderer Skalenverlauf resultiert. Der Amateur kann aber in der Praxis auf diese Meßbereiche verzichten. Es kommt ja höchstens einmal darauf an, die Wechselspannungen an einem Netztransformator zu messen. Bei handelsüblichen Netztransformatoren sind diese Werte meist angegeben, so daß sich Messungen erübrigen. Für die Strom- bzw. Spannungsmessung wird ein Drehspulmeßwerk benutzt, bei dem sich eine vom Meßstrom durchflossene Spule in dem konstanten Magnetfeld eines Dauermagneten bewegt. Mit der Drehspule ist der Zeiger verbunden, der je nach Ausschlag auf der Meßskale einen bestimmten Wert anzeigt. Für den Zeiger-Endausschlag ergibt sich eine bestimmte Spannungsempfindlichkeit $U_m$ und eine bestimmte Stromempfindlichkeit. $I_m$, $U_m$ und $I_m$ sind also die Spannung bzw. der Strom, mit der der Endausschlag des Zeigers erreicht wird. Für die Meßwerkspule ergibt sich damit ein Widerstand

$$R_i = \frac{U_m}{I_m};$$

$U_m$ in V, $I_m$ in A, $R_i$ in Ω.

Mit $U_m = 0{,}1$ V und $I_m = 1$ mA beträgt z. B. für ein Meßinstrument $R_i = 0{,}1/0{,}001 = 100\,\Omega$. Für die Beurteilung eines Meßinstrumentes wird der Widerstandswert für 1 V Endausschlag in Ω/V angegeben.

$$R_iV = \frac{1000}{I_m};$$

$R_iV$ in Ω/V, $I_m$ in mA.

Für das obige Beispiel ergibt das $R_iV = 1000\,\Omega/V$.

Bild 12.1 zeigt das Schaltschema für die Gleichspannungsmessung. Der Spannungsmesser wird stets parallel zu der zu messenden Spannung geschaltet. Einen Vorwiderstand $R_V$ benötigen wir immer dann, wenn die zu messende Spannung größer ist als die Spannung für den Endausschlag des Instrumentes. Die Meßbereichserweiterung bei Spannungsmessungen erfordert also einen Vorwiderstand. An diesem Vorwiderstand muß die Differenz zwischen Meßspannung und Meßwerkspannung abfallen.

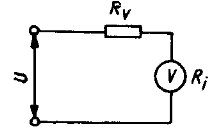



Bild 12.1
Stromlaufplan eines Spannungsmessers mit Vorwiderstand

Soll z. B. der Meßbereich 10 V betragen und ist nach obigem Beispiel die Meßwerkspannung $U_m = 0{,}1$ V, so muß am Vorwiderstand die Spannung $U_V = 10 - 0{,}1 = 9{,}9$ V abfallen. Zum Errechnen der Vorwiderstände für verschiedene Spannungsmeßbereiche kann folgende Formel verwendet werden:

$$R_V = U \cdot R_i V - R_i;$$

$R_V$ – Vorwiderstand in kΩ, $U$ – Meßbereichsspannung in V, $R_i V$ – Widerstand je V in kΩ/V, $R_i$ – Meßwerkwiderstand in kΩ.

*Beispiel*

Gegeben ist ein Drehspulmeßwerk mit den Werten $R_i = 100\,\Omega$ und $R_i V = 1000\,\Omega$/V. Berechne die Vorwiderstände für folgende Spannungsmeßbereiche: 1,5 V; 6 V; 15 V; 30 V; 150 V; 300 V und 600 V.

$$\begin{aligned}
1{,}5\text{ V}: R_V &= 1{,}5 \cdot 1 - 0{,}1 = 1{,}4\text{ k}\Omega,\\
6\text{ V}: R_V &= 6 \cdot 1 - 0{,}1 = 5{,}9\text{ k}\Omega,\\
15\text{ V}: R_V &= 15 \cdot 1 - 0{,}1 = 14{,}9\text{ k}\Omega,\\
30\text{ V}: R_V &= 30 \cdot 1 - 0{,}1 = 29{,}9\text{ k}\Omega,\\
150\text{ V}: R_V &= 150 \cdot 1 - 0{,}1 = 149{,}9\text{ k}\Omega,\\
300\text{ V}: R_V &= 300 \cdot 1 - 0{,}1 = 299{,}9\text{ k}\Omega,\\
600\text{ V}: R_V &= 600 \cdot 1 - 0{,}1 = 599{,}9\text{ k}\Omega.
\end{aligned}$$

Bild 12.2 zeigt die Schaltung für einen Spannungsmesser mit verschiedenen Meßbereichen. Die Umschaltung erfolgt durch einen Kreisschalter mit sieben Stellungen. Für die letzten fünf Bereiche können die errechneten Vorwiderstandswerte aufgerundet werden.

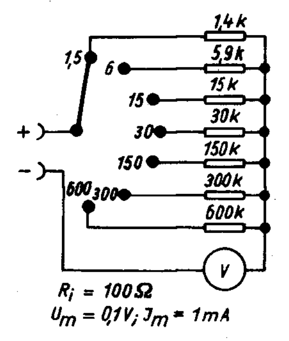



Bild 12.2
Stromlaufplan für einen Spannungsmesser mit mehreren Gleichspannungs-Meßbereichen

Bei der Strommessung wird das Meßinstrument stets in den Stromkreis geschaltet, so daß der Strom die Meßwerkspule durchfließen kann. Ist der zu messende Strom größer als der Meßwerkstrom für den Endausschlag des Meßwerkes, so muß durch einen Nebenwiderstand der Differenzstrom zwischen zu messendem Strom und Meßwerkstrom am Meßwerk vorbeigeleitet werden. Die Strombereichserweiterung erfordert also einen Nebenwiderstand parallel zum Meßwerk (Bild 12.3). Für die Berechnung dieses Nebenwiderstandes können wir folgende Formel benutzen:

$$R_n = \frac{R_i \cdot I_m}{I - I_m};$$

$R_n$ – Nebenwiderstand in Ω, $R_i$ – Meßwerkwiderstand in Ω, $I_m$ – Meßwerkstrom in mA, $I$ – Meßbereichsstrom in mA.

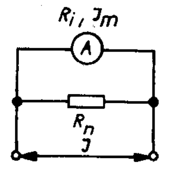



Bild 12.3
Stromlaufplan eines Strommessers mit Nebenwiderstand

*Beispiel*

Gegeben ist ein Drehspulmeßwerk mit den Werten $R_i = 100\,\Omega$ und $I_m = 1$ mA. Berechne den Nebenwiderstand für folgende Strommeßbereiche: 1,5 mA; 6 mA; 30 mA; 600 mA; 1500 mA und 6000 mA.

$$1{,}5\text{ mA:}\quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{1{,}5 - 1} = \frac{100}{0{,}5} = 200\,\Omega\,,$$

$$6\text{ mA:}\quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{6 - 1} = \frac{100}{5} = 20\,\Omega\,,$$

$$30\text{ mA:}\quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{30 - 1} = \frac{100}{29} = 3{,}45\,\Omega\,,$$

$$600\text{ mA:}\quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{600 - 1} = \frac{100}{599} = 0{,}17\,\Omega\,,$$

$$1500\text{ mA:}\quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{1500 - 1} = \frac{100}{1499} = 0{,}067\,\Omega\,,$$

$$6000\text{ mA:}\quad R_n = \frac{100 \cdot 1}{6000 - 1} = \frac{100}{5999} = 0{,}017\,\Omega\,.$$

Bild 12.4a zeigt die Schaltung für einen Strommesser mit verschiedenen Meßbereichen. Bei dieser Schaltungsart ist ein Kreisschalter mit guter Kontaktgabe zu verwenden, da sonst die Meßbereiche verfälscht werden. Außerdem muß die Kontaktgabe so sein, daß keine Unterbrechung im Nebenschlußkreis auftritt, da sonst der volle Meßstrom durch das Meßwerk fließt.

Besser ist es daher, den Nebenwiderstand nach Bild 12.4b zu schalten, wobei mit einem Kontakt immer das Meßwerk vom Stromkreis getrennt wird.

## 12.2. Durchgangsprüfung und Widerstandsmessung

Ein universell verwendbares Hilfsmittel ist ein Durchgangs- oder Leitungsprüfer. Solche Prüfungen müssen schon oft bei der Verdrahtung eines Gerätes durchgeführt werden, wenn es darauf ankommt, die zusammengehörenden Wicklungsenden eines Transformators, Leitungsenden in einem Kabelbaum, Kurzschlüsse oder Unterbrechungen zu finden. Industriell gefertigte

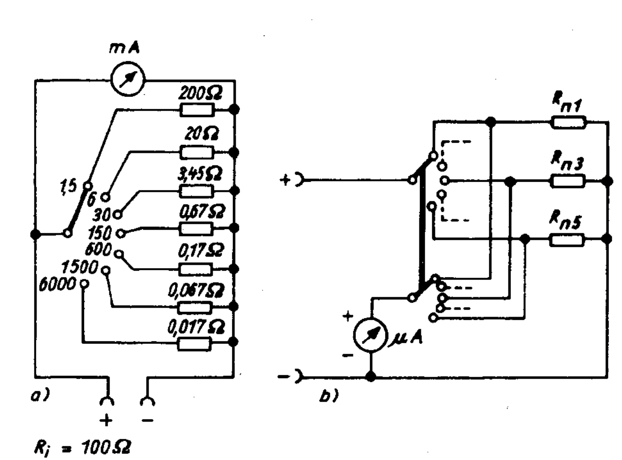



Bild 12.4
Stromlaufplan für einen Strommesser mit mehreren Gleichstrom-Meßbereichen

Leitungsprüfer sind meist als Ohmmeter mit direkter Anzeige des Widerstandswertes ausgeführt. Für den Selbstbau eignen sich zur Anzeige Skalenlampen, Glimmlampen, Schauzeichen, magnetische Summer oder einfache Meßinstrumente. Je nach verwendeter Anzeige richtet sich die Stromversorgung. Mit diesem Anzeige-Bauelement baut man einen Stromkreis auf, der an einer Stelle unterbrochen wird; die beiden aufgetrennten Enden legt man an 2 Telefonbuchsen. Zwischen diese beiden Telefonbuchsen schaltet man über 2 Prüfschnüre das Meßobjekt. Je nach der Größe des elektrischen Widerstandes des Meßobjektes erfolgt eine Anzeige.

Bild 12.5 zeigt die Schaltung für einen einfachen Durchgangsprüfer. Zur Anzeige werden Glimmlampe, Skalenlampe und Schauzeichen verwendet. Die Stromversorgung erfolgt aus dem Universalnetzteil (s. Abschnitt 7.5.) über ein 3adriges Kabel. Vor die Glimmlampe und das Schauzeichen sind entsprechende Vorwiderstände zu schalten. Mit der Glimmlampe können hochohmige Meßobjekte, mit den beiden anderen Anzeigemöglichkeiten niederohmige Meßobjekte auf Durchgang geprüft werden. Bild 12.6 und Bild 12.7 geben Hinweise für den Aufbau dieses kleinen Prüfgerätes, während Bild 12.8 das fertige Gerät zeigt.

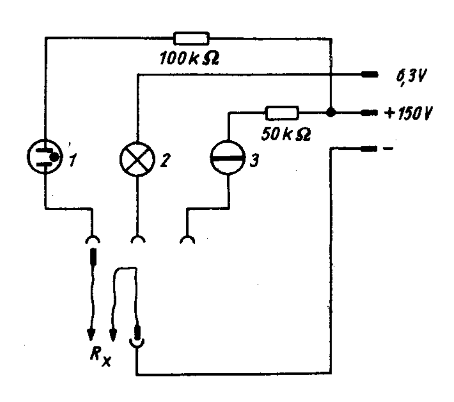


Bild 12.5
Stromlaufplan für einen Durchgangsprüfer mit mehreren Anzeigemöglichkeiten. Glimmlampe für 220 V (1), Skalenlampe für 6,3 V (2), Schauzeichen (3)

Einfache Durchgangsprüfer für niederohmige Messungen stellt Bild 12.9 dar. Bild 12.9a gibt die einfachste Schaltung wieder, wobei nur 1 Skalenlampe (2,5 V/0,04 A) mit Stabbatterie und 2 Telefonbuchsen verwendet werden. Wesentlich eleganter ist die Schaltung nach Bild 12.9b, wobei man Meß-

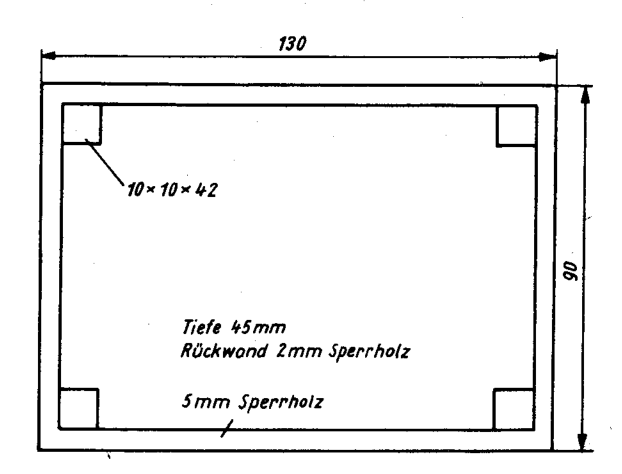


Bild 12.6
Maßskizze für das Holzgehäuse des Durchgangsprüfers

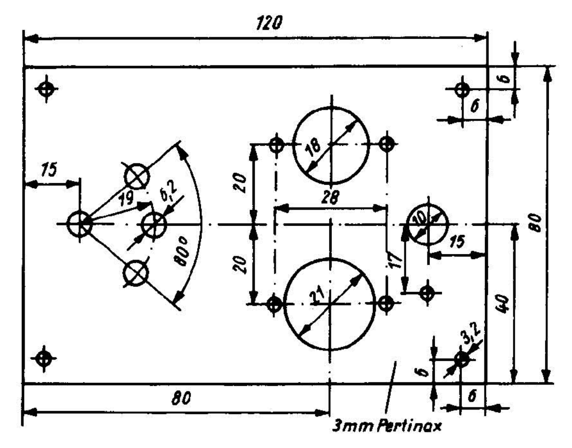



Bild 12.7
Maßskizze für die Frontplatte des Durchgangsprüfers

instrument und Vorwiderstand mit der Batterie zusammenschaltet. Der Vorwiderstand ist dabei so ausgelegt, daß man bei der verwendeten Batterie gerade Vollausschlag des Zeigers erreicht. Je größer der zu messende Widerstand *R*, um so weiter geht der Zeigerausschlag zurück. Die Skale kann auch in Ohmwerten geeicht werden, so daß aus dem einfachen Durchgangsprüfer ein Ohmmeter wird.

Zur Widerstandsmessung benutzt man direkt anzeigende Ohmmeter oder Meßbrücken, die nach dem Prinzip von *Wheatstone* arbeiten. Direkt anzeigende Ohmmeter benötigen eine Betriebsspannung, die im Prospekt angegeben ist. Die Größe der Spannung richtet sich nach dem zu messenden Widerstandsbereich. In Meßbrücken verwendet man zur Stromversorgung Stabbatterien von 1,5 V bis 3 V bzw. Flachbatterien.

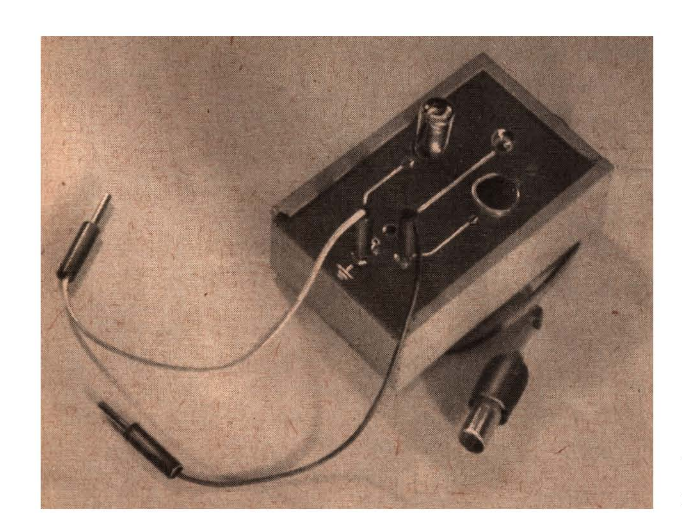


Bild 12.8
Ansicht des beschriebenen Durchgangsprüfers

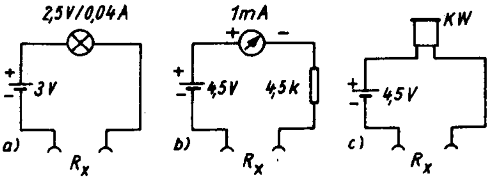



Bild 12.9
Stromlaufpläne für einfache Durchgangsprüfer; (a) mit Skalenlampe, (b) mit Meßinstrument und (c) mit Kopfhörer; bei Durchgang hört man ein Knackgeräusch im Kopfhörer

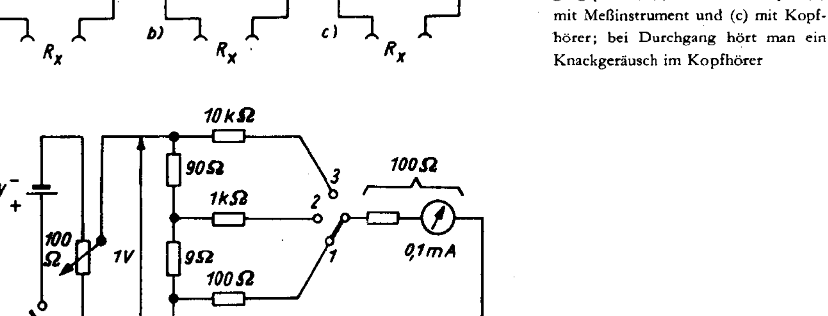



Bild 12.10
Stromlaufplan eines einfachen Ohmmeters für den Selbstbau

Die Schaltung eines einfachen Ohmmeters für den Selbstbau zeigt Bild 12.10. Gearbeitet wird mit einer Gleichspannung von 1 V. Durch die Umschaltung der 3 Spannungsteilerwiderstände erhält man die in Bild 12.10 angegebenen Meßbereiche. Mit entsprechend höheren Gleichspannungen kann man auch noch größere Widerstandswerte messen, so z. B. mit 10 V von 10 kΩ bis 1 MΩ, mit 100 V von 100 kΩ bis 10 MΩ. Das verwendete Meßinstrument hat einen Vollausschlag von 0,1 mA. Wird der Anschluß für $R_x$ kurzgeschlossen, so kann mit dem regelbaren Widerstand von 100 Ω der Vollausschlag des Instrumentes eingestellt werden (ist gleich 0 Ω). Die gesamte Schaltung läßt sich in einem kleinen Holzkasten unterbringen.

## 12.3. Absorptionsfrequenzmesser

Will man Frequenzmessungen im Hochfrequenzgebiet durchführen, so wendet man meist die Resonanzmethode an. Für einfache Messungen genügt dabei ein Absorptionsfrequenzmesser, der passiv arbeitet. Das heißt, er braucht keine eigene Stromversorgung. Die zur Anzeige notwendige Energie entnimmt er dem Meßobjekt, mit dem er gekoppelt wird.
Der einfachste Absorptionsfrequenzmesser wäre ein Parallelschwingkreis. Nähert man die Spule dieses Schwingkreises der Spule eines erregten Schwingkreises, so würde sie dieser ein Maximum von Energie entziehen, wenn die Resonanzfrequenzen beider Schwingkreise übereinstimmen. Daher ist der Schwingkreis des Absorptionsfrequenzmessers mit einem Drehkondensator abstimmbar. Außerdem wird die Abstimmung des Drehkondensators gleich in Frequenzen geeicht. Liegt der zu messende Schwing-

kreis in einer Oszillatorschaltung, so kann man den Resonanzpunkt durch die Änderungen des Gitter- bzw. Anodenstromes feststellen. Bei einem 0-V-1 erkennt man die Resonanzstelle durch das Aussetzen der Rückkopplung.

Wesentlich eleganter ist die Frequenzmessung, wenn man zur Resonanzanzeige ein Meßinstrument benutzt. Bild 12.11 zeigt die Schaltung eines universell verwendbaren Absorptionsfrequenzmessers mit Anzeigeinstrument. Die bei der Frequenzmessung aufgenommene HF-Energie wird mit der Germaniumdiode *OA 685* gleichgerichtet und vom Meßwerk angezeigt. Das Meßwerk soll eine Stromempfindlichkeit von 50 μA bis 1 mA haben. Da der Gleichrichterkreis den Schwingkreis zu stark bedämpft, wurde für diesen eine besondere Ankoppelspule $L_2$ vorgesehen. Der Schwingkreis ist dadurch nur schwach belastet, und man erhält eine eindeutige Resonanzanzeige. Der Stromkreis des Meßinstrumentes kann durch den Schalter S unterbrochen werden. An den Buchsen KH läßt sich ein Kopfhörerpaar anschließen. Damit ist es möglich, z. B. bei Amateursendern im A-3-Betrieb die Modulation abzuhören. Wenn an den Buchsen »Sonde« eine Suchspule, bestehend aus einem Stück Koaxialkabel und einer Spulenwindung (30 mm bis 40 mm Durchmesser), an einem Ende angeschlossen wird, kommt man auch an Schwingkreise heran, die schwer zugänglich sind. Für einen 25 mm starken Spulenträger gelten etwa folgende Windungszahlen:

| Frequenzbereich | Windungen $L_1$ | Windungen $L_2$ | Drahtdurchmesser |
|---|---|---|---|
| 3 bis 6 MHz | 60 | 5 | 0,5 mm |
| 6 bis 12 MHz | 29 | 5 | 0,5 mm |
| 12 bis 25 MHz | 13 | 2 | 1,0 mm |
| 25 bis 50 MHz | 5,5 | 1 | 1,0 mm |
| 50 bis 100 MHz | 1,5 | 0,5 | 1,0 mm |
| 100 bis 200 MHz | 2 Haarnadelformen mit 2 mm Durchmesser nebeneinander, Drahtabstand 10 mm, Länge 40 mm | | |

Strebt man eine hohe Empfindlichkeit des Absorptionsfrequenzmessers an, so benötigt man Röhrensysteme zur Verstärkung. Dann kann auch ein unempfindliches Meßwerk benutzt werden. Eine Miniaturröhre ist immer noch billiger als ein hoch empfindliches Meßwerk von z. B. 25 oder 50 μA. Die Stromversorgung läßt sich durch ein 3-adriges Kabel von einem Universalnetzgerät beziehen. Vorteilhaft verwendet man eine Doppeltriode (z. B. *ECC 81*, *ECC 82*, *ECC 83*, *ECC 85*), mit der eine empfindliche Brückenschaltung aufgebaut werden

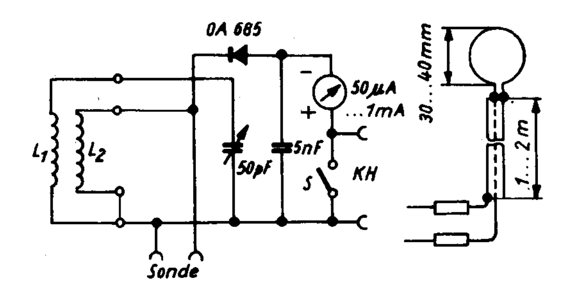



Bild 12.11
Stromlaufplan für einen universell verwendbaren Absorptionsfrequenzmesser

kann. Das Meßwerk liegt dann im Brückennullzweig und zeigt den Differenzstrom an, wenn das Eingangs-Steuergitter durch eine Gleichspannung die Brücke aus dem Gleichgewicht bringt. Eine solche Gleichspannung wird aus der aufgenommenen HF-Spannung durch Gleichrichtung mit der vor dem Steuergitter liegenden Diode *OA 685* gewonnen. Bild 12.12 zeigt 2 Schaltungen für empfindliche Absorptionsfrequenzmesser, wobei man das Meßwerk entweder im Anodenkreis (a) oder im Katodenkreis (b) anordnet. Im KW- oder im UKW-Bereich verwendet man für den Schwingkreis einen Abstimmdrehkondensator von etwa 50 pF. Bei LW oder MW wird ein Drehkondensator von etwa 500 pF benutzt. Die Wickeldaten für die Spulen kann man

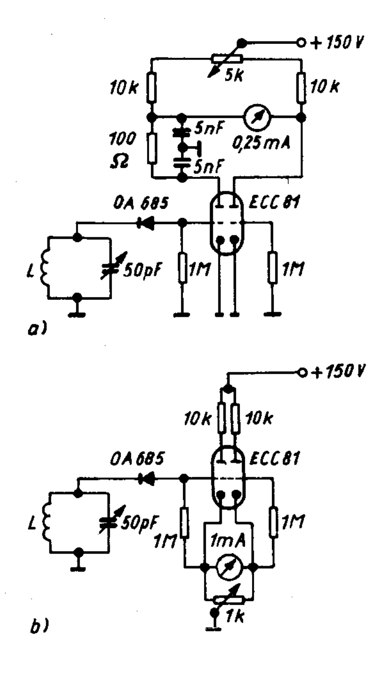



Bild 12.12
Stromlaufplan empfindlicher Absorptionsfrequenzmesser für Netzbetrieb; (a) Anzeigeschaltung im Anodenkreis, (b) Anzeigeschaltung im Katodenkreis

für die gewählten Frequenzbereiche mit den in Abschnitt 5. angegebenen Formeln berechnen. Meist werden Steckspulen für den Absorptionsfrequenzmesser genommen. Es ist ebenfalls möglich, mit einer Sondenspule zu arbeiten, wenn man für *L* eine Ankopplungsspule vorsieht. Man kann dann für die Spulen auch HF-Eisenkerne verwenden und die einzelnen Spulen durch einen Schalter für die entsprechenden Frequenzbereiche umschalten. Für den Aufbau eines Absorptionsfrequenzmessers eignet sich ein kleines Holzgehäuse. Als Frontplatte, auf der man die wenigen Bauteile anordnet, wird Pertinax verwendet.

## 12.4. Grid-Dip-Meter

Ein sehr praktisches Meßgerät für den Funkamateur ist das Grid-Dip-Meter. Damit kann man die Resonanzfrequenz von Schwingkreisen feststellen, die Werte von Spulen und Kondensatoren bestimmen sowie die Resonanzfrequenzen von Antennen messen.

Daneben wird es auch als Kontrollempfänger, als Feldstärkemesser und mit einer Modulationseinrichtung auch als Prüfsender verwendet. Für die Anzeige nutzt man den Gitterstrom der Oszillatorröhre aus. Zu diesem Zweck liegt am erdseitigen Ende des Gitterableitwiderstandes ein empfindliches Drehspulmeßwerk (0,1 bis 1 mA). Schwingt der Oszillator, so zeigt das Instrument einen bestimmten Gitterstrom an. Koppelt man die Oszillatorspule lose mit einem Schwingkreis, so wird bei Resonanz dem Oszillatorkreis Energie entzogen; der Gitterstrom geht merklich zurück. Bei guten Resonanzkreisen ist die Resonanzkurve sehr schmal; es tritt nur ein sogenannter *Dip* auf. Der Zeiger des Anzeigeinstrumentes schlägt dabei plötzlich nach tieferen Skalenwerten aus.

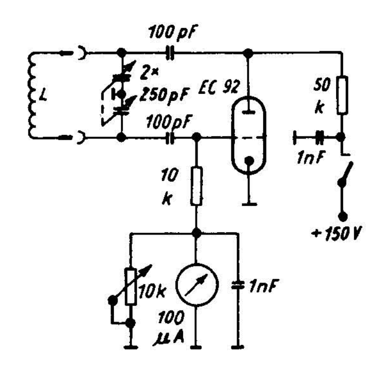



Bild 12.13
Stromlaufplan für ein einfaches Grid-Dip-Meter

Im Prinzip ist es gleichgültig, welche Oszillatorschaltung angewendet wird. Vorteilhaft sind Schaltungen, die sich leicht zum Schwingen bringen lassen und Spulen ohne Anzapfung benötigen, z. B. die *Colpitts*-Schaltung. Die Dimensionierung des Oszillatorschwingkreises richtet sich nach den zu erfassenden Frequenzbereichen, Ausführliches über die Anwendung des Grid-Dip-Meters enthält der in der Reihe *Der praktische Funkamateur* erschienene Band 12, *Meßtechnik für den KW-Amateur*, und das *Handbuch für Amateurfunk*.

Bild 12.13 zeigt die Schaltung für ein einfaches Grid-Dip-Meter mit der Röhre *EC 92*. Als Oszillatorschaltung wird die *Colpitts*-Schaltung, zur Abstimmung dieses Kreises ein 2fach-Drehkondensator verwendet. Die einzelnen Spulen sind als Steckspulen ausgeführt. Parallel zum Gitterstrominstrument liegt zur Empfindlichkeitsregelung ein Potentiometer von 10 kΩ. Die Anodenspannung kann abgeschaltet werden, so daß das Grid-Dip-Meter auch als Absorptionsfrequenzmesser verwendbar ist. Die Stromversorgung erfolgt über ein 3-adriges Kabel durch das in Abschnitt 7.5. beschriebene Universal-Netzgerät. Der Einbau erfolgt in ein kleines Metallgehäuse mit den Abmessungen 80 mm × 180 mm × 100 mm. Als Frontplatte nimmt man eine 3 mm starke Pertinaxplatte, an der alle Bauteile außer Drehkondensator, Spulenfassung und Potentiometer befestigt werden. Bild 12.14 zeigt das fertig ausgeführte Grid-Dip-Meter. Das Mustergerät umfaßt mit 6 Spulen den Frequenzbereich von 0,6 bis 80 MHz.



Bild 12.14
Ansicht des beschriebenen Grid-Dip-Meters

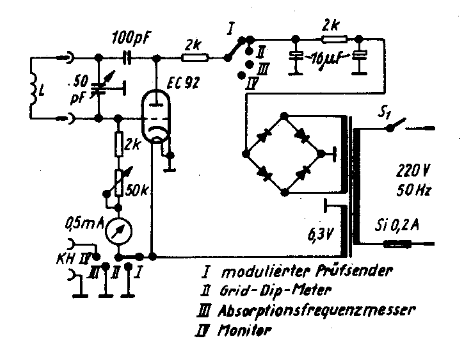



Bild 12.15
Stromlaufplan für ein universell verwendbares Grid-Dip-Meter

Bild 12.15 zeigt die Schaltung für ein Grid-Dip-Meter, das durch einen Schalter für verschiedene Verwendungszwecke angepaßt werden kann. In Stellung I arbeitet es als modulierter Prüfsender. Die Modulation erfolgt durch die Heizspannung am Steuergitter der Röhre mit einer Wechselspannung von 50 Hz. In Stellung II arbeitet das Gerät als Grid-Dip-Meter. In Stellung III wird die Anodenspannung abgeschaltet, und die Röhre arbeitet als Diode (Katode-Gitter). Dadurch kann man das Gerät als Absorptionsfrequenzmesser benutzen. In Stellung IV wird an das erdseitige Ende der Gitterkombination ein Buchsenpaar geschaltet, daran schließt man den Kopfhörer. So kann die Modulation z. B. des eigenen Amateursenders abgehört werden. Das Gerät arbeitet also als Monitor.

Eine empfindliche Grid-Dip-Meter-Schaltung zeigt Bild 12.16. Verwendet wird in dieser Schaltung eine Doppeltriode. Das 1. Triodensystem arbeitet als Oszillator, das 2. als Gleichspannungsverstärker in Brükkenschaltung. Im Brückennullzweig liegt das Anzeigemeßwerk. Tritt bei Entzug von HF-Energie am Gitterwiderstand des Oszillators eine Gleichspannungsänderung auf, so wird die Brückenschaltung mit dem 2. Triodensystem aus dem Gleichgewicht gebracht, und das Instrument zeigt den Differenzstrom an. Die Gleichspannungsänderung wirkt sich am Steuergitter des 2. Triodensystems aus.

Mit dem Grid-Dip-Meter mißt man nicht nur die Resonanzfrequenzen von Schwingkreisen, Antennen, Bandkabel- oder Koaxkabelstücken. Auch die Werte von Spulen und Kondensatoren können mit einer einfachen Formel berechnet werden. Will man die Induktivität einer unbekannten Spule bestimmen, so schaltet man sie mit einem Kondensator, dessen Kapazitätswert bekannt ist, zu einem Parallelschwingkreis zusammen und mißt mit dem Grid-Dip-Meter die Resonanzfrequenz dieses Schwingkreises. Den Induktivitätswert erhält man in µH, wenn in folgende Formel die gefundene Resonanzfrequenz in MHz und der Kapazitätswert des parallelgeschalteten Kondensators in pF eingesetzt wird:

$$L_x = \frac{25\,300}{f^2 \cdot C}.$$

Bei der Bestimmung des Kapazitätswertes eines unbekannten Kondensators geht man umgekehrt vor und verwendet folgende Formel:

$$C_x = \frac{25\,300}{f^2 \cdot L}.$$

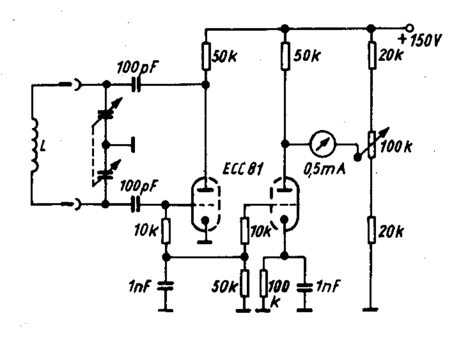



Bild 12.16
Stromlaufplan für ein Grid-Dip-Meter mit Doppeltriode

Dabei erhält man $C_x$ in pF, wenn $f$ in MHz und $L$ in $\mu$H eingesetzt wird.
Kennt man bei der Kapazitätsmessung auch den Induktivitätswert der Spule nicht, hat aber einen Kondensator mit bekannter Kapazität zur Verfügung, ist folgendes möglich: Man schaltet zuerst der Spule den unbekannten Kondensator $C_x$ parallel und mißt mit dem Grid-Dip-Meter die Resonanzfrequenz $f_1$. Dann legt man zusätzlich den bekannten Kondensator $C$ parallel und erhält eine niedrigere Resonanzfrequenz $f_2$. Mit folgender Formel ist dann der Kapazitätswert des unbekannten Kondensators zu errechnen:

$$C_x = \frac{C}{\frac{f_1^2}{f_2^2} - 1}.$$

Dabei wird $C$ in pF, $f_1$ und $f_2$ in MHz eingesetzt. $C_x$ erhält man ebenfalls in pF.

## 12.5. Einfacher Prüfsender

Ein Prüfsender wird zum Abgleichen der ZF-Kreise, der Eingangskreise und des Oszillatorkreises bei Superhetempfängern verwendet. Er besteht aus einem abstimmbaren HF-Oszillator und einem NF-Oszillator für 800 bis 1000 Hz. Mit der erzeugten NF-Spannung wird die erzeugte HF-Schwingung moduliert, so daß man nach der Demodulation im Empfänger über den Lautsprecher den NF-Ton hören kann. Es wird entweder nach Gehör abgestimmt (sehr ungenau), oder man schaltet parallel zur Schwingspule des Lautsprechers einen Wechselspannungsmesser. Legt man das Vielfachinstrument an die Buchsen für den 2. Lautsprecher, so muß ein Kondensator von 1 $\mu$F dazwischengeschaltet werden, damit man die Gleichspannung vom Meßinstrument fernhält. Bei neueren Empfängern ist der Ausgang für den 2. Lautsprecher niederohmig und gleichspannungsfrei. Der beschriebene Prüfsender arbeitet mit Amplitudenmodulation und umfaßt die Frequenzbereiche von der Langwelle bis zur Kurzwelle. Für den Abgleich von UKW-Empfängern ist ein anderer Prüfsender erforderlich, da die Sender auf diesem Wellenbereich mit Frequenzmodulation arbeiten.
Bild 12.17 zeigt die Schaltung für einen einfachen Prüfsender mit der Doppeltriode *ECC 81*.
Das linke Triodensystem arbeitet als HF-Oszillator. Mit dem Umschalter S 1 können die einzelnen Frequenzbereiche eingeschaltet werden. Die Oszillatorabstimmung erfolgt mit dem Doppel-Drehkondensator $C_1$. In dieser Schaltungsart wird eine einfache HF-Spule ohne Anzapfung verwendet, was für die Herstellung der Spulen sehr vorteilhaft ist. Kennt man den Kernfaktor der verwendeten HF-Eisenkernspule nicht, so kann man durch Zu- oder Abwickeln der Windungen auf einfache Weise den interessierenden Frequenzbereich einstellen. Der Feinabgleich des fertiggestellten Prüfsenders erfolgt dann mit dem der Spule parallelliegenden Trimmer (bei herausgedrehtem Drehkondensator) und dem HF-Abgleichkern der Spule (bei hereingedrehtem Drehkondensator). Für einfache Kammerspulenkörper mit HF-Abgleichkern ergeben sich ungefähr folgende Windungszahlen:

| Bereich | Frequenz | Windungen | Drahtstärke |
|---|---|---|---|
| 1 | 150 bis 450 kHz | 600 | 0,10-mm-CuL |
| 2 | 440 bis 1300 kHz | 320 | 0,15-mm-CuL |
| 3 | 1,2 bis 3,6 MHz | 120 | 0,25-mm-CuL |
| 4 | 3,5 bis 10,1 MHz | 15 | 0,60-mm-CuL |
| 5 | 10 bis 30 MHz | 10 | 0,60-mm-CuL |

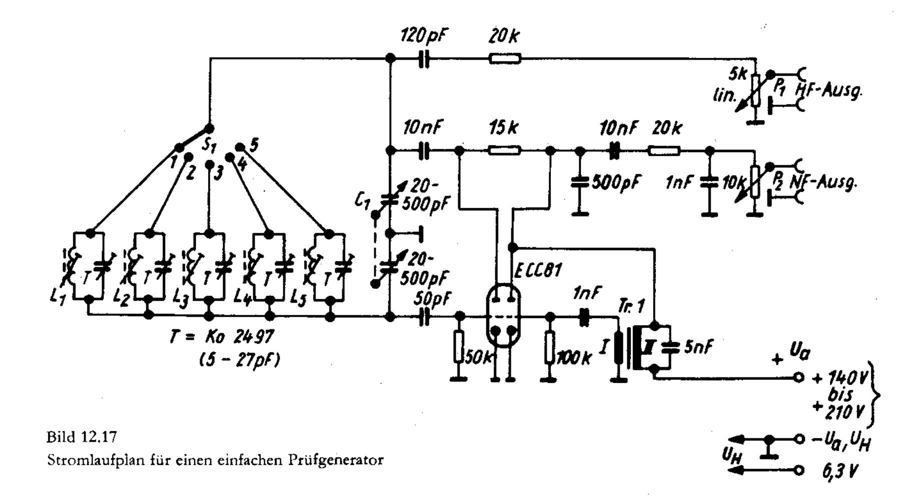



Bild 12.17
Stromlaufplan für einen einfachen Prüfgenerator

Das rechte Triodensystem der Röhre *ECC 81* arbeitet als NF-Oszillator. Dabei kann für die Schwingkreisspule Tr 1 ein NF-Übertrager 1:2 bis 1:4 verwendet werden. Steht ein solcher nicht zur Verfügung, dann ist er leicht herzustellen, wenn man einen Transformatorkern *M 42* benutzt. Die Wicklung I besteht aus 1000 Wdg. CuL-Draht von 0,1 bis 0,15 mm Durchmesser, die Wicklung II aus 2000 bis 4000 Wdg. CuL-Draht 0,1 bis 0,15 mm Durchmesser. Schwingt der NF-Oszillator nicht an, so muß die Wicklung I umgepolt werden. Im Stromlaufplan wurde für eine Tonfrequenz von etwa 800 Hz eine Schwingkreiskapazität von 5 nF angegeben. Der endgültige Kapazitätswert ist abhängig von der Windungszahl, dem verwendeten Blech und der Wicklungskapazität. Deshalb wird man durch Probieren die Tonhöhe von etwa 800 Hz einstellen. Der Kapazitätswert kann dabei zwischen 1 nF und 10 nF liegen.

Die Modulation des HF-Oszillators erfolgt durch die Zuführung der Anodenspannung von der Anode des NF-Oszillators aus. Dabei ist die Gleichspannung mit der NF-Spannung überlagert; es erfolgt eine Anodenmodulation der HF-Spannung. Über die Potentiometer P 1 und P 2 kann sowohl die HF-Spannung als auch die NF-Spannung dem Prüfsender entnommen werden.

Die Stromversorgung wird einem stabilisierten Universalnetzteil entnommen. Will man für den Prüfsender einen eigenen Netzteil vorsehen, muß man eine Heizspannung von 6,3 V/0,3 A und eine Anodenspannung von 150 V/20 mA festlegen. Dabei sollte die Anodenspannung auf jeden Fall stabili-

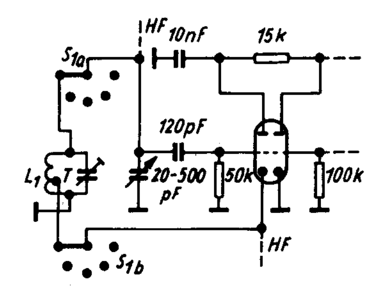



Bild 12.18
Veränderter Stromlaufplan des einfachen Prüfgenerators, wenn ein Einfach-Drehkondensator zur Abstimmung benutzt wird

siert sein. Hinweise dafür findet der Leser in Abschnitt 7.4.
Will man für den HF-Schwingkreis einen einfachen Drehkondensator verwenden, dann muß die Oszillatorschaltung anders aufgebaut werden. Bild 12.18 zeigt dafür einen Vorschlag, wobei die Spule eine Anzapfung für die Katode der Oszillatorröhre haben muß. Die HF-Spannung kann von dem Steuergitter oder von der Katode abgenommen werden. Da sich bei dieser Schaltung auch durch den veränderten Kapazitätswert des Abstimmdrehkondensators die Spulendaten ändern, seien hier ungefähre Werte angegeben:

| Bereich | Frequenz | Windungen | Anzapfung | Drahtstärke |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 150 bis 450 kHz | 350 | 80 | 0,10-mm-CuL |
| 2 | 440 bis 1300 kHz | 240 | 25 | 0,15-mm-CuL |
| 3 | 1,2 bis 3,6 MHz | 100 | 12 | 0,25-mm-CuL |
| 4 | 3,5 bis 10,1 MHz | 12 | 5 | 0,60-mm-CuL |
| 5 | 10 bis 30 MHz | 8 | 3 | 0,60-mm-CuL |

Der Einbau des Prüfsenders sollte auf jeden Fall in ein Metallgehäuse erfolgen, da sonst unerwünschte HF-Strahlungen auftreten, die den Abgleich sehr erschweren. Bei geschickter Anordnung kann der Prüfsender in eine große rechteckige Brotbüchse eingebaut werden, womit die Gehäusefrage schnell geklärt ist. Einen weiteren Aufbauvorschlag zeigt Bild 12.19, wobei die Einteilung der Frontplatte Hinweise für die Gestaltung gibt.
Natürlich ist ein so einfacher Prüfsender nicht allen Aufgaben gewachsen; er genügt aber den Ansprüchen des Radiobastlers vollauf. Wenn man genaue Empfindlichkeitsmessungen vornehmen will, muß ein Meßsender zur Verfügung stehen, dem man

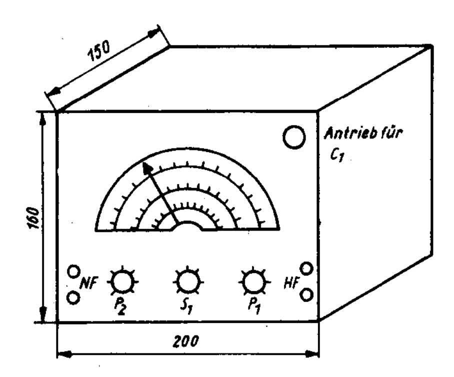



Bild 12.19
Skizze für das Gehäuse des einfachen Prüfgenerators nach Bild 12.17

definierte Ausgangsspannungen entnehmen kann. Der beschriebene Prüfsender ließe sich zwar durch eine weitere Regelröhre und einen HF-Spannungsteiler im Ausgang erweitern; aber das Gerät würde dadurch komplizierter und der Nachbau nicht einfach.

## 12.6. Einfache Röhrenvoltmeter

Wenn man bei einer Röhrenschaltung die Schirmgitterspannung mit verschiedenartigen Meßinstrumenten zwischen Schirmgitter und Masse mißt, erhält man verschiedene Werte für die Größe der Spannung. Mancher Radiobastler wird sich gefragt haben: Wie kommt das eigentlich? Die Antwort ist ganz einfach. Jedes Meßinstrument hat einen bestimmten Eigenverbrauch, und je größer dieser Eigenverbrauch ist, um so mehr geht die gemessene Schirmgitterspannung »in die Knie«. Vor dem Schirmgitter liegt meist ein hochohmiger Widerstand, der die Betriebsspannung auf die Größe der erforderlichen Schirmgitterspannung reduziert. Wird nun zwischen dem hochohmigen Schirmgitter und Masse ein Meßinstrument

mit höherem Eigenverbrauch geschaltet, so fließt durch den Schirmgitterwiderstand ein größerer Strom, woraus ein stärkerer Spannungsabfall an diesem Widerstand resultiert. Die Schirmgitterspannung wird also während des Meßvorganges kleiner.

Will man eine Spannung fast belastungslos messen, so benutzt man ein Röhrenvoltmeter zur Messung. Röhrenvoltmeter weisen einen so hohen Eingangswiderstand auf, daß der Eigenverbrauch vernachlässigbar klein wird. Schaltungen für Röhrenvoltmeter gibt es sehr viele. Einfache Röhrenvoltmeter haben einen Eingangsspannungsteiler und eine Röhren-Brückenschaltung zur Anzeige. Das Meßwerk liegt im Nullzweig der Brücke. Das kann im Anodenkreis oder im Katodenkreis der Röhrenschaltung sein. Wird keine Spannung an den Eingangsspannungsteiler gelegt, dann befindet sich die Brücke im Gleichgewicht, und das Meßwerk zeigt Ausschlag 0. Mit einem Potentiometer kann in dieser Stellung der Zeiger des Meßwerkes auf den Wert 0, mit einem zweiten Potentiometer noch einmalig der Maximalausschlag eingeregelt werden. Damit in allen anderen Meßbereichen der gleiche Endausschlag erreicht wird, muß man den Eingangsspannungsteiler sehr sorgfältig dimensionieren. Die angegebenen Widerstandswerte dürfen nicht mehr als um 0,5 bis 1% vom angegebenen Wert abweichen. Wird eine Gleichspannung gemessen, so verschiebt sich das Potential am Steuergitter der Eingangsröhre, und die Brücke kommt aus dem Gleichgewicht. Das Meßwerk zeigt einen Strom an, der der Eingangsspannung entspricht.

Da keine Verstärkung erfolgt, lassen sich mit solchen Röhrenvoltmetern Gleichspannungen erst ab etwa 2 V messen. Für Wechselspannungsmessungen muß man vor dem Eingangsspannungsteiler eine Gleichrichtung mit einer Röhrendiode vorsehen. Bei Wechselspannungsmessungen ist auf der Skale des Meßwerkes eine andere Teilung zu eichen, da infolge der Diodenkennlinie ein anderer Verlauf auftritt. Bei Gleichspannungsmessung hat man meist eine gleichmäßig geteilte Skale. Da keine Verstärkung erfolgt, ist bei Wechselspannungsmessungen der Frequenzbereich sehr groß (bis etwa 150 MHz). Sehr umfangreich wird ein Röhrenvoltmeter, wenn sehr kleine Wechselspannungen gemessen werden sollen, also im Bereich von Millivolt und Mikrovolt. Hier arbeitet man mit Röhrenvoltmetern, die entweder Breitband- oder Resonanzverstärker enthalten. Solche Probleme sind nur schwer zu lösen und gehen über den Rahmen dieses Buches hinaus.

Einen Röhrenvoltmeter-Zusatz zum leistungslosen Messen von Gleichspannungen zeigt Bild 12.20. Zur Anzeige wird ein Vielfachmeßinstrument verwendet. Das Vielfachmeßinstrument ist im Katodenkreis angeschlossen. Im Eingang liegt der Eingangsspannungsteiler, der einen Eingangswiderstand von größer als 10 MΩ garantiert. Er läßt sich umschalten auf die Bereiche 3 V, 12 V, 60 V und 300 V. Für die Röhrenbrücke wird eine Doppeltriode *ECC 82* benutzt. Da Änderungen der Betriebsspannung auf beide Röhrensysteme in gleicher Weise wirken und sich dadurch kompensieren, kann der Netzteil für das Röhrenvoltmeter sehr einfach aufgebaut werden. Es ist auch eine Stromversorgung aus einem Universalnetzteil möglich. Mit dem Schalter S 1 kann die Polarität der gemessenen Spannung umgepolt werden. Dadurch erspart man sich das Umstecken an den Eingangsbuchsen. In jeder Stellung des Schalters S 1 ist ein Potentiometer P 2 oder P 3 vorgesehen, mit denen einmalig der Endausschlag eingeregelt wird. Die Zeigerstellung 0 kann man mit dem Potentiometer P 1 einstellen.

Die Schaltung nach Bild 12.20 wird in ein kleines Gehäuse eingebaut. Auf der Front-

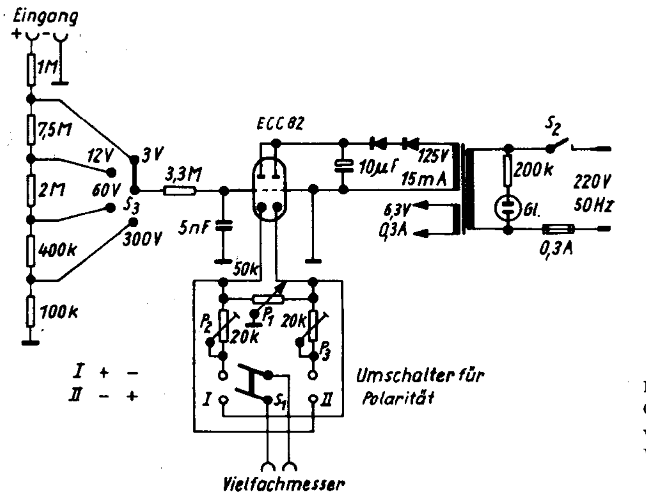



Bild 12.20
Gleichspannungs-Röhrenvoltmetervorsatz für einen Vielfachmesser

platte angeordnet werden die Schalter S 1 bis S 3, das Potentiometer P 1, die Eingangsbuchsen, die Anschlußbuchsen für das Vielfachmeßinstrument, die Schraubsicherung sowie die Glimmlampe, die die Betriebsbereitschaft des Gerätes anzeigt. Für die Potentiometer P 2 und P 3 können kleine Einstellregler verwendet werden.

Ein universelles Röhrenvoltmeter, mit dem sich Gleichspannungen von 2 bis 2000 V, Wechselspannungen von 2 bis 500 V und Widerstände von 10 Ω bis 100 MΩ messen

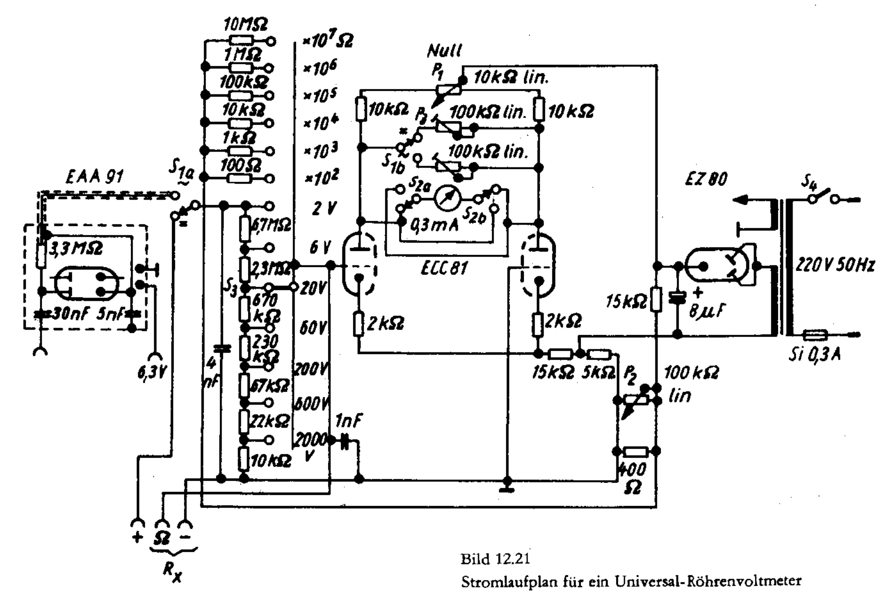



Bild 12.21
Stromlaufplan für ein Universal-Röhrenvoltmeter

lassen, zeigt Bild 12.21. Die Schaltung arbeitet in gleicher Weise wie die vorher beschriebene, nur das Meßwerk liegt jetzt im Anodenkreis. Der Wechselspannungseingang mit der Diode *EAA 91* ist als Tastkopf ausgebildet. Die Heizspannung wird 1polig zugeführt, da sie einseitig an Masse liegt. Für den Anschluß des Tastkopfes genügt daher ein 2adriges, abgeschirmtes Kabel.

Die Widerstandsmessung erfolgt durch die Messung des Spannungsabfalles am unbekannten Widerstand. Zu diesem Zweck wird dem Netzteil eine Meßspannung von 2 V entnommen, die über dem Widerstand von 400 Ω als Spannungsabfall zur Verfügung steht. Mit dem Potentiometer P 2 kann bei der Widerstandsmessung die Nullstellung eingeregelt werden. Bei den Spannungsmeßbereichen wird mit dem Potentiometer P 1 die Nullstellung eingeregelt. Den Endausschlag sowohl bei Gleich- als auch bei Wechselspannungsmessungen stellt man mit den Potentiometern P 3 und P 4 ein. Mit dem Umschalter S 2 läßt sich wieder die Polarität umschalten.

Für das Meßwerk sollte man möglichst eine Ausführung mit großer Skale verwenden, damit sich die Werte mühelos ablesen lassen. Die Schaltung des Röhrenvoltmeters wird in ein entsprechendes Metallgehäuse eingebaut.

## 12.7. Der Multivibrator

Eine wesentliche Arbeitserleichterung bei der Erprobung und Reparatur von Empfängern, Verstärkern und anderen funktechnischen Geräten läßt sich durch moderne Methoden wie die Signalzuführung und die Signalverfolgung erreichen. Bei der Signalzuführung speist man in das zu untersuchende Gerät ein Signal ein. Wird z. B. ein Rundfunksuperhetempfänger untersucht, so hat dieser Verstärkerstufen im Niederfrequenzbereich (etwa 30 bis 20000 Hz), im Zwischenfrequenzbereich (um 468 kHz und 10,7 MHz) und im Hochfrequenzbereich (100 kHz bis 100 MHz). Nun könnte man das erforderliche Signal jeweils in dem entsprechenden Frequenzbereich einem Prüfgenerator oder einem Meßsender entnehmen. Aber diese Arbeit würde durch das Umschalten der Frequenzbereiche und durch die Abstimmung auf die jeweilige Frequenz des Prüfgenerators viel Zeit erfordern. Wesentlich einfacher gestaltete sich der Prüfvorgang, hätte man ein Signal zur Verfügung, in dem alle interessierenden Frequenzen vorhanden sind.

Ein solches Signal gibt es. Dabei muß die Schwingung einen rechteckförmigen Verlauf haben. Bei einer Rechteckschwingung sind sehr viele Oberwellen vorhanden. Liegt bei einer Reckteckschwingung die Grundfrequenz im NF-Bereich (z. B. 1 kHz), so reichen die Oberwellen bis weit in den KW-Bereich hinein. Alle Verstärkerstufen in diesem Frequenzbereich von etwa 1 kHz bis etwa 20 MHz werden deshalb auf dieses Rechtecksignal ansprechen. Wir können die Verstärkerstufen also mit dem Rechtecksignal auf richtige Arbeitsweise hin überprüfen.

Eine Rechteckschwingung erzeugt man in einer Multivibratorschaltung auf einfache Weise. Bild 12.22 zeigt die Schaltung für einen solchen Multivibrator, dessen Grundfrequenz etwa 1 kHz beträgt und dessen Oberwellen bis etwa 20 MHz verfolgt werden können. Die Schaltung des Multivibrators stellt nichts weiter dar als einen rückgekoppelten Verstärker. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man erkennt, daß an die Anode der 1. Triodenstufe über einen Kopplungskondensator von 100 pF das Steuergitter der 2. Triodenstufe angeschlossen ist. Von der Anode der 2. Triodenstufe geht es dann über einen Kopplungskonden-

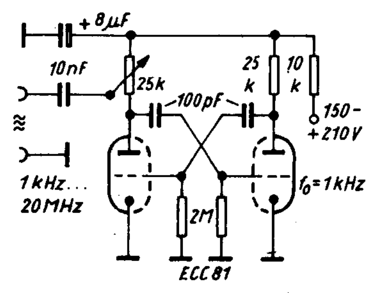



Bild 12.22
Stromlaufplan eines Multivibrators mit Doppeltriode

sator von 100 pF wieder zurück zum Steuergitter der 1. Triodenstufe. Am regelbaren Anodenwiderstand der 1. Triodenstufe entnimmt man das Rechtecksignal. Da das kalte Ende des regelbaren Anodenwiderstandes (Potentiometers) über den Elektrolytkondensator an Masse gelegt ist, kann man die Ausgangsspannung zwischen 0 und ihrer vollen Größe regeln.
Frequenzbestimmend für die Grundwelle der Rechteckschwingung sind die Werte der Kopplungskondensatoren und der Gitterableitwiderstände (2 MΩ). Durch eine Änderung dieser Werte läßt sich die Grundfrequenz des Multivibrators ändern. Der Einfachheit wegen wählt man für beide Röhrenstufen gleiche Werte. Die Stromversorgung, also Heizspannung und Anodenspannung, entnimmt man einem Universal-Netzgerät. Der Aufbau dieses einfachen, aber sehr nützlichen Gerätes kann in einem kleinen Kästchen erfolgen, oder besser in Form eines Tastkopfes. Dazu wird die Röhre mit ihren wenigen Bauelementen in ein Kunststoffrohr oder in ein innen isoliertes Stück Metallrohr eingebaut. Vorn bringt man eine Metalltastspitze an, über die das Rechtecksignal den einzelnen Stufen des zu untersuchenden Gerätes zugeführt wird.
Untersucht man z. B. einen defekten Rundfunkempfänger nach der Signalzuführungsmethode, so beginnt die Prüfung an der Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers. Hört man dabei das Signal über den Lautsprecher, dann ist die Schwingspule des Lautsprechers in Ordnung. Nun führt man das Signal der Anode der Lautsprecherröhre zu. Bei hörbarem Signal ist auch der Ausgangstransformator in Ordnung. Nun wird das Signal dem Steuergitter der Lautsprecherröhre zugeführt. Ist jetzt das Signal wesentlich lauter zu hören, dann arbeitet auch die Lautsprecherröhre richtig. So verfolgt man den Weg des Empfangssignals bis zur Antennenbuchse. Arbeitet eine Stufe nicht mehr, so wird das Signal nicht lauter, sondern leiser oder gar nicht mehr zu hören sein. Eine defekte Stufe kann also verhältnismäßig leicht gefunden werden. Allerdings lassen sich nicht alle Fehler mit dieser Methode ermitteln. So kann man z. B. Verzerrungen, die vielleicht von einem falschen Arbeitspunkt einer Röhre herrühren, nicht mit der Signalzuführung feststellen. Solche Fehler verlangen eine andere Methode der modernen Fehlersuche, und zwar die Signalverfolgung.

## 12.8. Der Signalverfolger

Bei der Signalverfolgung beschreitet man den umgekehrten Weg wie bei der Signalzuführung. Man entnimmt dem zu untersuchenden Gerät ein Signal, führt es dem Signalverfolger zu und hört es mit diesem ab. Ein Signalverfolger ist demnach nichts anderes als ein empfindlicher Verstärker. Da es schwierig sein würde, den Verstärker so auszulegen, daß er sowohl NF- als auch HF-Signale in gleicher Weise verarbeitet, wird am Eingang des Signalverfolgers ein umschaltbarer Tastkopf angeordnet, der die NF-Spannungen passieren läßt und die HF-Spannungen durch eine Diode gleichrichtet. Dadurch wird die Modulation der HF-Span-

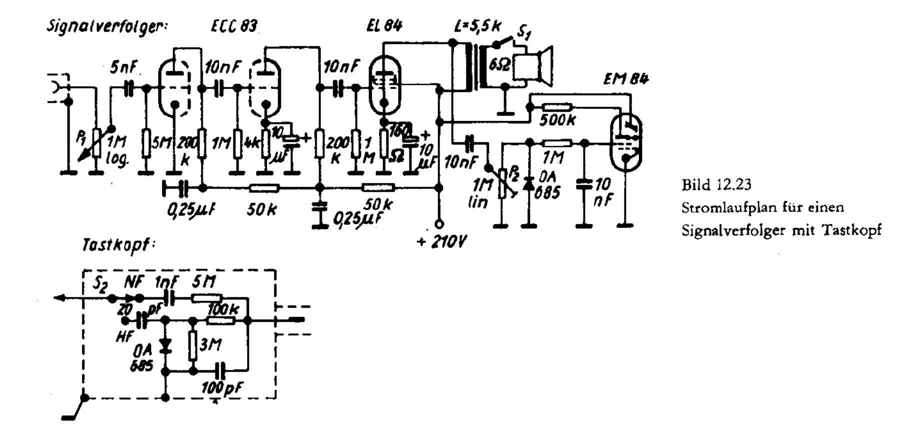



Bild 12.23
Stromlaufplan für einen Signalverfolger mit Tastkopf

nung hörbar, und der Signalverfolger braucht nur als NF-Verstärker ausgelegt zu werden.

Das von einem Signalverfolger aufgenommene Signal kann entweder mit einem eingebauten Lautsprecher abgehört oder durch eine eingebaute Abstimmanzeigeröhre angezeigt werden. Bild 12.23 bringt die Schaltung für einen universell verwendbaren Signalverfolger mit akustischer und optischer Anzeige des aufgenommenen Signals. Der Verstärkerteil ist 3stufig und mit den Röhren *ECC 83* und *EL 84* bestückt. Im Eingang liegt das Potentiometer P 1, mit dem die Lautstärke geregelt wird. Da der Signalverfolger eine hohe Verstärkung aufweist, ist eine sorgfältige Siebung der Anodenspannungen erforderlich. Deshalb sind vor den Arbeitswiderständen nochmals Siebglieder angeordnet (50 kΩ, 0,25 µF). Um die Brummgefahr möglichst zu mindern, arbeitet das 1. Triodensystem mit geerdeter Katode. Die Gittervorspannung wird durch den Anlaufstrom am Gitterableitwiderstand (5 MΩ) erzeugt. Der Außenwiderstand der Endröhre *EL 84* beträgt 5,5 kΩ, so daß der verwendete Ausgangsübertrager eine Primärimpedanz in gleicher Größe aufweisen muß. Mit dem Schalter S 1 kann der Lautsprecher abgeschaltet werden. An die Anode der Lautsprecherröhre ist über einen Kondensator von 10 nF die optische Anzeige mit der Abstimmanzeigeröhre (magisches Auge) *EM 84* angeschlossen. Die Empfindlichkeit der optischen Anzeige wird mit dem Potentiometer P 2 eingestellt.

Der Tastkopf läßt sich durch ein längeres Kabelstück fest mit dem Eingang des Signalverfolgers verbinden. Es ist allerdings praktischer, wenn man das Kabelende des Tastkopfes mit einem geeigneten mehrpoligen Stecker versieht und bei dem Signalverfolger eine entsprechende Buchse einbaut. Mit dem Umschalter S 2 des Tastkopfes kann man auf NF oder HF umschalten, je nach dem Signal, das man aufnehmen will.

Die Bauelemente des Tastkopfes bringt man in einem Stück Metallrohr unter. Die Tastspitze besteht aus 2 bis 3 mm starkem Kupfer oder Messing. Der Minus-Anschluß wird mit dem Chassis des zu untersuchenden Gerätes verbunden. Die Stromversorgung des Signalverfolgers erfolgt wieder aus einem Universalnetzteil. Will man das Gerät auch transportieren, ist es vielleicht besser, wenn man für den Signalverfolger eine eigene Stromversorgung vorsieht. Für den Einbau sollte man möglichst ein Metallgehäuse verwenden. Gut

geeignet sind große rechteckige Brotbüchsen, wie man sie für den Campingbedarf anbietet. Damit entfällt die Arbeit für die Herstellung eines Metallgehäuses.

Um den Signalverfolger als Reparaturgerät universeller zu gestalten, sollte man den Multivibrator für die Signalzuführung entweder mit einbauen oder an einer mehrpoligen Buchse die Stromversorgung dafür vorsehen. Auch einen Durchgangsprüfer mit Skalenlampe (für niederohmige Prüfungen) und Glimmlampe (für hochohmige Prüfungen) kann man einbauen. Geeignete Schaltungen dafür enthält dieses Buch.

Soll ein defekter Rundfunkempfänger nach der Methode der Signalverfolgung untersucht werden, dann beginnt man die Prüfung an der Antennenbuchse des Rundfunkempfängers. Über den Lautsprecher des Signalverfolgers sind meist mehrere Rundfunksender hörbar. Dann geht man mit dem auf Stellung *HF* geschalteten Tastkopf weiter zum Schwingkreis, wobei man jetzt schon auf einzelne Sender abstimmen kann. Je mehr Verstärkerstufen des Empfängers hinzukommen, um so mehr muß die Lautstärkeregelung des Signalverfolgers zurückgedreht werden. Mit dem Signalverfolger lassen sich viele Fehler sehr schnell ermitteln. Der Fehler des defekten Gerätes wird regelrecht eingekreist; die Reparatur gestaltet sich wenig zeitraubend. Mit der kombinierten Anwendung der Methoden der Signalzuführung und der Signalverfolgung lassen sich fast sämtliche Fehlerquellen schnell ermitteln und rationell Reparaturen durchführen.

## 12.9. Das NF-Röhrenvoltmeter

Es gibt viele Elektronikamateure, die sich speziell nur mit der Niederfrequenztechnik beschäftigen. Sie bauen NF-Verstärker in Mono- und in Stereoausführung, NF-Mischpulte, NF-Vorverstärker für Mikrofone oder elektrodynamische Plattenabtastsysteme, Verstärker für Magnetbandgeräte und andere elektroakustische Anlagen. Für die Meßpraxis an derartigen Geräten sind vor allem ein NF-Röhrenvoltmeter und ein durchstimmbarer Tongenerator erforderlich. Deshalb sollen nachfolgend 2 Schaltungen für diese Meßgeräte kurz vorgestellt werden.

Das in Bild 12.21 gezeigte Universal-Röhrenvoltmeter erlaubt zwar mit dem Tastkopf auch die Messung von Wechselspannungen, aber für die Meßpraxis an NF-Geräten ist der kleinste Spannungsmeßbereich noch zu groß. Für die Aussteuerung z. B. eines NF-Verstärkers sind ja minimal NF-Spannungen im Bereich von einigen Millivolt erforderlich. Um so geringe Wechselspannungen messen zu können, muß das Röhrenvoltmeter nach einem anderen Prinzip aufgebaut werden. Bild 12.24 zeigt die Schaltung eines solchen *NF-Röhrenvoltmeters*, das auch unter der Bezeichnung *Millivoltmeter* bekannt ist. Bestandteile des NF-Röhrenvoltmeters sind der Spannungsteiler, ein Meßverstärker und eine Anzeigeschaltung.

Der Meßverstärker wird bei der Eichung mittels der mit dem Trimmregler 100 Ω einstellbaren Gegenkopplung auf eine bestimmte Verstärkung eingestellt. Diese ist für alle im Übertragungsbereich des Meßverstärkers liegenden Frequenzen gleich, so daß die einzelnen Spannungsmeßbereiche bequem durch den Eingangsspannungsteiler festgelegt werden können. Die Genauigkeit der Messung hängt damit nur von der Genauigkeit der einzelnen Widerstände dieses Spannungsteilers ab. Da es sich bei diesen Widerstandswerten zum Teil um »krumme« Werte handelt, sind diese aus der geeigneten Zusammenschaltung von Widerständen zu gewinnen, bei sorgfältiger Ausmessung des geforderten Wertes. Die Anzeigeschaltung be-

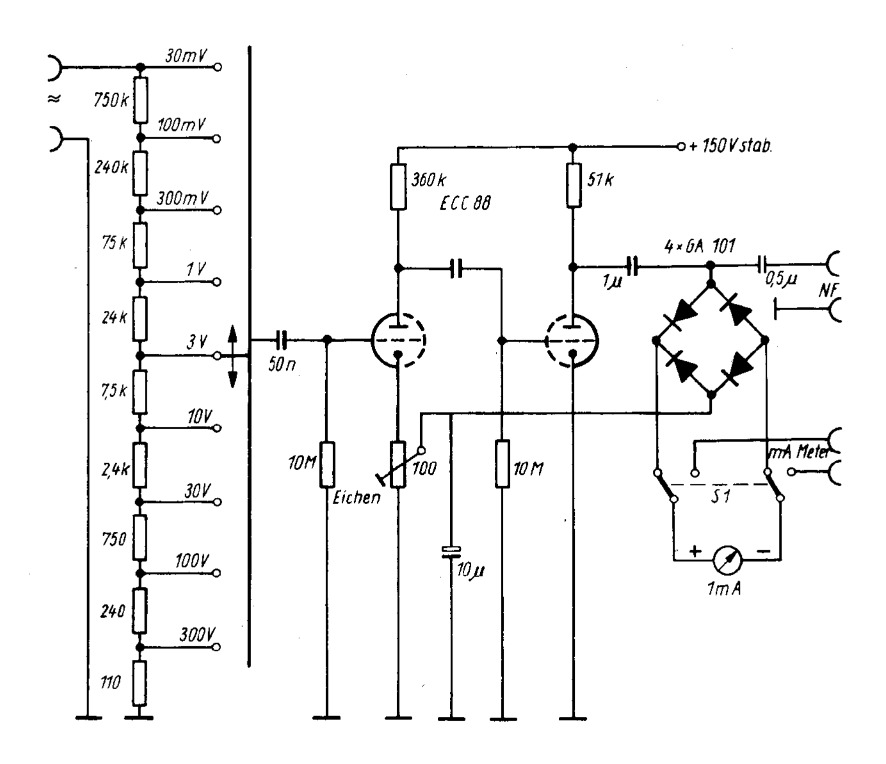



Bild 12.24
Stromlaufplan für ein NF-Röhrenvoltmeter (Millivoltmeter)

steht aus einer *Graetz*-Schaltung von 4 Germaniumdioden und einem Meßwerk 1 mA. Sollte ein empfindlicheres Meßwerk zur Verfügung stehen (200 bis 500 µA), kann man eventuell als niedrigsten Spannungsmeßbereich 10 mV festlegen.

Das NF-Röhrenvoltmeter hat einen Eingangswiderstand von etwa 1 MΩ, der Frequenzbereich geht bis etwa 100 kHz. Die Stromversorgung erfolgt mit einer stabilisierten Spannung von 150 V. Mit dem Umschalter S 1 kann man das Meßwerk an ein Buchsenpaar schalten, so daß es auch für andere Verwendungen zur Verfügung steht. Über dem Kondensator 0,5 µF liegt am Ausgang des Meßverstärkers das Buchsenpaar *NF*, an das ein Kopfhörer angeschlossen werden kann. Damit läßt sich das NF-Röhrenvoltmeter bei Reparaturarbeiten auch als Signalverfolger im NF-Bereich verwenden, wobei die Eingangsempfindlichkeit über den Spannungsteiler veränderbar ist.

Der Aufbau des NF-Röhrenvoltmeters bereitet keine Schwierigkeiten. Lediglich das Meßwerk sollte größere Abmessungen haben, damit sich die Spannungswerte bequem ablesen lassen.

## 12.10. Der NF-Tongenerator

Für die Erzeugung von NF-Frequenzen gibt es verschiedene Möglichkeiten. Überlagert man 2 HF-Frequenzen (1 fest, 1 veränder-

lich), so erhält man bei geringem Frequenzabstand als Schwebungsfrequenzen die entsprechenden NF-Frequenzen. NF-Tongeneratoren nach diesem Prinzip bezeichnet man als *Schwebungssummer*. Da sie beim Nachbau Schwierigkeiten bereiten, sind sie in der Amateurpraxis kaum üblich. NF-Frequenzen kann man auch mit *LC*-Schwingkreisen erzeugen, aber wegen der Wertegrößen im NF-Bereich ist eine Abstimmung über größere Bereiche kaum möglich. Bevorzugt werden deshalb Schaltungen mit *RC*-Gliedern, weil hierbei die Frequenzwerte linear von den Werten der Widerstände und Kondensatoren abhängen. Für abstimmbare NF-Tongeneratoren mit *RC*-Gliedern, auch als *RC*-Generatoren bezeichnet, eignen sich die Generatorschaltung mit *Wien*-Brücke und die Generatorschaltung mit überbrücktem T-Glied.

Da Bauanleitungen für *RC*-Generatoren mit *Wien*-Brücke in der Amateurliteratur oft veröffentlicht wurden, zeigt Bild 12.25 die Schaltung für einen *RC*-Generator mit überbrücktem T-Glied. Um die Schaltung dieses T-Gliedes besser übersehen zu können, gibt Bild 12.26 die Prinzipschaltung wieder. Mit einem Zweifach-Drehkondensator 2 × 500 pF wird das überbrückte T-Glied abgestimmt.

Bild 12.25
Stromlaufplan für einen *RC*-Generator mit überbrücktem T-Glied als frequenzbestimmendes Bauteil

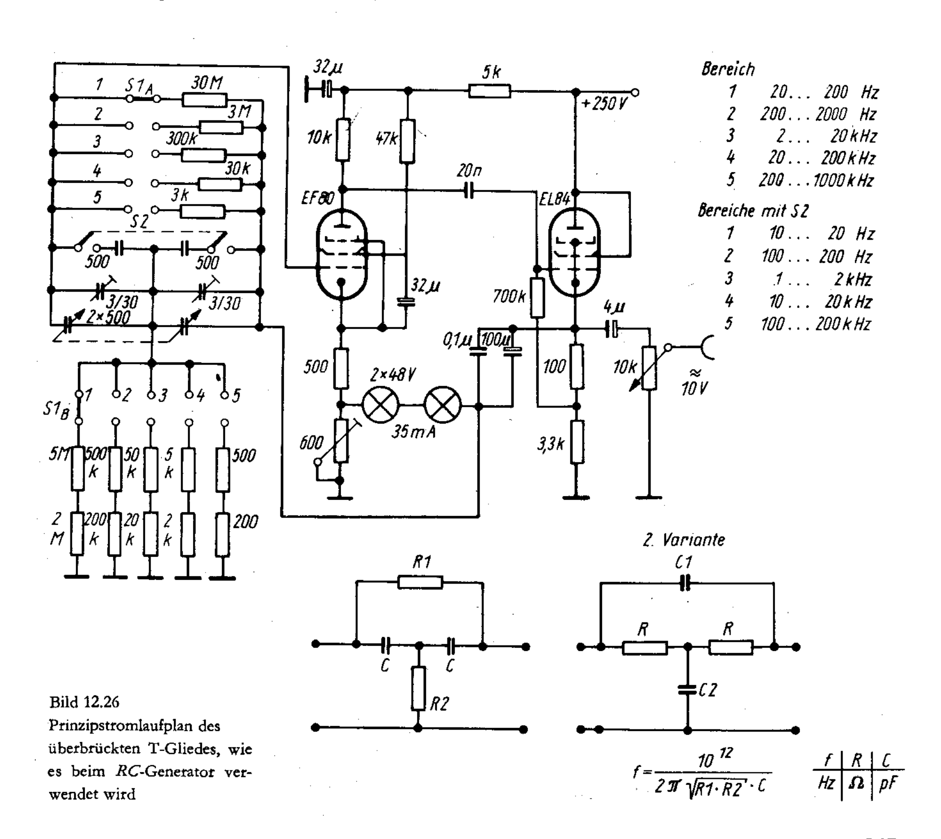



Bild 12.26
Prinzipstromlaufplan des überbrückten T-Gliedes, wie es beim *RC*-Generator verwendet wird

Möglich ist auch die in Bild 12.26 gezeigte 2. Variante des T-Gliedes, bei der die Plätze von $R$ und $C$ vertauscht sind (das muß auch in der angegebenen Formel berücksichtigt werden). In diesem Fall erfolgt die Abstimmung mit einem Doppelpotentiometer, z. B. 2 × 5 kΩ lin. Schaltet man zur Bereichseinengung vor jeden Potentiometerwiderstand einen Festwiderstand von 1,2 kΩ, so ergeben sich mit den umschaltbaren Kondensatoren $C_1$ und $C_2$ folgende Frequenzbereiche:

| $f$ | $C_1$ | $C_2$ |
|---|---|---|
| 30 bis 100 Hz | 0,75 µF | 3 µF |
| 100 bis 300 Hz | 0,25 µF | 1 µF |
| 0,3 bis 1 kHz | 75 nF | 0,3 µF |
| 1 bis 3 kHz | 25 nF | 0,1 µF |
| 3 bis 10 kHz | 7,5 nF | 30 nF |
| 10 bis 30 kHz | 2,5 nF | 10 nF |
| 30 bis 100 kHz | 750 pF | 3 nF |
| 100 bis 300 kHz | 250 pF | 1 nF |
| 0,3 bis 1 MHz | 75 pF | 300 pF |
| 1 bis 3 MHz | 25 pF | 100 pF |

In der Schaltung nach Bild 12.25 liegt das überbrückte T-Glied im Gegenkopplungskanal des 2stufigen Verstärkers. Zur Stabilisierung der Ausgangspannung tragen die als Kaltleiter wirkenden Glühlampen bei (Telefonlampen oder Lampen der Weihnachtsbaumbeleuchtung). Die an der Katode der Ausgangsstufe ausgekoppelte NF-Spannung erreicht einen Effektivwert von etwa 10 V. Mit dem Schalter S 2 können dem Drehkondensator Kondensatoren 500 pF parallelgeschaltet werden. Man erhält damit für bestimmte Messungen eine feinere Abstimmung in allerdings begrenzten Bereichen (s. 2. Teil der Tabelle in Bild 12.25). Die erzeugte NF-Spannung soll sinusförmig sein, es ist deshalb anzuraten, beim Abgleich des $RC$-Generators einen Oszillografen zur Kontrolle zu verwenden. Dabei wird mit dem Trimmregler 600 Ω die NF-Frequenz auf beste Sinusform eingestellt.

Der Aufbau des $RC$-Generators ist unkompliziert. Über ein Skalenrad mit Seiltrieb wird der Drehkondensator betätigt. Zur Frequenzanzeige kann dabei eine Linearskale oder eine Kreisskale vorgesehen werden.

# Bauanleitungen und Schaltungen mit Transistoren

Für Dioden und Transistoren hat die Halbleiterindustrie der DDR Bezeichnungen eingeführt, die es zulassen, aus den angegebenen Buchstaben Art und Verwendungszweck des Bauelementes zu erkennen. Die nachfolgenden Ziffern werden vom Werk festgelegt und stehen nicht in Zusammenhang mit irgendwelchen Garantiedaten des Bauelementes. Der 1. Buchstabe gibt das Halbleiterausgangsmaterial an:

G – Germanium
S – Silizium

Eine Ausnahme bildeten früher die Halbleiterbauelemente, die verbilligt für Lehr- und Bastelzwecke verkauft wurden. Bei diesen war der 1. Buchstabe ein L.
Der 2. Buchstabe gibt Auskunft über das Hauptverwendungsgebiet des Halbleiterbauelementes:

A – Diode
C – NF-Transistor
D – NF-Leistungstransistor
E – Tunneldiode
F – HF-Transistor
L – HF-Leistungstransistor
P – strahlungsempfindliches Bauelement
S – Schalttransistor
U – Leistungsschalttransistor
Y – Flächengleichrichterdiode
Z – Z-Diode

Für folgende Bauelemente bleibt die alte Bezeichnung bestehen:

*OC 810* bis *OC 823* (ovale Bauform)
*OC 824* bis *OC 829*
*OC 880* bis *OC 883* (alte Bauform)

Folgende Transistoren erhielten eine neue Bezeichnung und zum Teil eine neue Gehäuseform:

| neu | alt | neu | alt |
|---|---|---|---|
| GC 100 | OC 870 | GD 170 | OC 837 |
| GC 101 | OC 870 | GD 180 | OC 838 |
| GC 115 | OC 815 | GF 100 | OC 871 |
| GC 116 | OC 816 | GF 105 | OC 872 |
| GC 117 | OC 817 | GF 120 | OC 880 |
| GC 120 | OC 820 | GF 121 | OC 881 |
| GC 121 | OC 821 | GF 122 | OC 882 |
| GC 122 | OC 822 | LC 815 | LA 25 |
| GC 123 | OC 823 | LC 820 | LA 50 |
| GD 100 | OC 830 | LC 824 | LA 100 |
| GD 110 | OC 831 | LD 830 | LA 1 |
| GD 120 | OC 832 | LD 835 | LA 4 |
| GD 130 | OC 833 | LF 871 | LA 30 |
| GD 150 | OC 835 | LF 880 | LA 40 |
| GD 160 | OC 836 | LF 881 | LA 40 |

Eine Transistortabelle mit den wichtigsten Daten findet der Leser im Anhang.
Bei verschiedenen Transistortypen mit Garantiedaten werden sogenannte Stromverstärkungsgruppen ausgeliefert. Dabei gelten folgende Einteilungen:

*Germaniumtransistoren*

| Stromverstärkungsgruppe | $h_{21e}$ |
|---|---|
| a | 18 ··· 35 |
| b | 28 ··· 56 |
| c | 45 ··· 90 |
| d | 71 ··· 140 |
| e | 112 ··· 224 |

*Siliziumtransistoren*

| Stromverstärkungsgruppe | $h_{21e}$ |
|---|---|
| a | 18 ··· 35 |
| b | 28 ··· 71 |
| c | 56 ··· 140 |
| d | 112 ··· 280 |
| e | 224 ··· 560 |
| f | 450 ··· 1120 |

Miniplastgehäuse sind sehr klein, so daß die Transistorbezeichnung in einer Kurzform aufgedruckt wird. Es gilt dafür die Tabelle

| | |
|---|---|
| C 06 ≙ SC 206 | S 16 ≙ SS 216 |
| C 07 ≙ SC 207 | S 18 ≙ SS 218 |
| F 15 ≙ SF 215 | S 19 ≙ SS 219 |
| F 16 ≙ SF 216 | M 103 ≙ SM 103 |
| F 40 ≙ SF 240 | M 104 ≙ SM 104 |
| F 45 ≙ SF 245 | MY 50 ≙ SMY 50 |
| S 00 ≙ SS 200 | MY 51 ≙ SMY 51 |
| S 01 ≙ SS 201 | MY 52 ≙ SMY 52 |
| S 02 ≙ SS 202 | |

Für plastverkappte Dioden gilt folgende Tabelle der Kurzbezeichnungen

| | |
|---|---|
| Y 30 ≙ SAY 30 | M 42 ≙ SAM 42 |
| Y 32 ≙ SAY 32 | M 43 ≙ SAM 43 |
| Y 40 ≙ SAY 40 | M 44 ≙ SAM 44 |
| Y 42 ≙ SAY 42 | M 45 ≙ SAM 45 |
| Y 50 ≙ SAY 50 | M 62 ≙ SAM 62 |
| Y 52 ≙ SAY 52 | M 63 ≙ SAM 63 |
| Y 60 ≙ SAY 60 | M 64 ≙ SAM 64 |
| Y 62 ≙ SAY 62 | M 65 ≙ SAM 65 |

Da die Fertigung der Transistoren kompliziert ist, fallen zahlreiche Transistoren an, die die vom Hersteller garantierten Grenzdaten nicht erreichen. Diese Transistoren für Lehr- und Amateurzwecke gibt das Kombinat VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) verbilligt ab. Der Preis dieser Transistoren liegt zwischen 0,42 M und 4,40 M. Die Basteltransistoren genügen für die Bastelpraxis vollauf. Von den Listendaten weichen sie geringfügig ab. Deshalb können sie auch in anspruchsvolleren Schaltungen eingesetzt werden. In der Bastelpraxis ist es ja so, daß man nur einzelne Geräte baut, die man durch Versuche auf Höchstleistung bringt. In der Serienfertigung der Industrie dagegen müssen die Halbleiterbauelemente eng toleriert sein, um die geforderten Endwerte eines produzierten Gerätes zu erreichen.
In den in diesem Buch angegebenen Halbleiterschaltungen können daher auch die entsprechenden Bastelausführungen für die angegebenen Halbleitertypen verwendet werden. Mitunter ist lediglich eine andere Arbeitspunkteinstellung vorzunehmen.

Gehandelte Basteltransistoren (1973/74):

| | |
|---|---|
| Ge-NF-Transistor, 50 bis 120 mW | 0,42 M |
| Ge-NF-Transistor, 150 mW | 0,69 M |
| Ge-NF-Transistor, 400 mW | 1,00 M |
| Ge-NF-Transistor, 1 W | 1,30 M |
| Ge-NF-Transistor, 5,3 W | 2,10 M |
| Ge-NF-Transistor, 10 W | 4,40 M |
| Ge-HF-Transistor, 10 MHz | 0,69 M |
| Ge-Drift-Transistor | 1,15 M |
| Ge-UKW-Transistor | 2,30 M |
| Ge-UHF-Transistor | 3,80 M |
| Si-Planar-Transistor, 300 mW | 1,10 M |
| Si-Planar-Transistor, 600 mW | 1,35 M |
| Si-Planar-Epitaxie-Transistor, 600 mW | 1,35 M |
| Si-Planar-Miniplast-Transistor | 0,78 M |
| Si-Planar-Epitaxie-Miniplast-Transistor | 1,15 M |
| Si-MOSFET-Transistor | 1,40 M |

# 13. Verstärkerschaltungen für Niederfrequenz

## 13.1. 1stufige Verstärker

Für die Anwendung in der Niederfrequenztechnik eignet sich gut der Transistor, da durch den Handel entsprechende Typen angeboten werden. Geeignet sind für NF-Schaltungen alle Transistortypen, da die Frage der Grenzfrequenz eine untergeordnete Rolle spielt.

1stufige Verstärkerschaltungen wendet man vor allem dort an, wo nur eine geringe Verstärkung erforderlich ist: z. B. wenn man ein Kohlemikrofon an einen Rundfunkempfänger anschließen oder mit einem Detektorempfänger einen lautstarken Empfang mit dem Kopfhörer erzielen will. Fast ausschließlich wird dabei die Emitter-Grundschaltung des Transistors (s. Abschn. 1.2.2.) verwendet. Nur bei speziellen Anwendungsgebieten benutzt man die Kollektor- oder Basis-Grundschaltung. Bei der Emitter-Grundschaltung entspricht analog der Katodenbasisschaltung der Röhrentechnik die Basis des Transistors dem Steuergitter einer Elektronenröhre, der Emitter des Transistors der Katode der Elektronenröhre, der Kollektor des Transistors der Anode der Elektronenröhre. Entsprechend dieser Analogie erfolgt die Steuerung des Transistors an der Basiselektrode, und an der Kollektorelektrode wird das verstärkte Signal am Kollektorwiderstand abgenommen. Die Emitterelektrode kann zur Unterstützung der Stabilisierung der Transistorstufe herangezogen werden.

Besonders zu beachten ist die Temperaturabhängigkeit der Transistorkennwerte. In den Daten der Industrie werden die Kennwerte meist für eine Temperatur von 25 °C angegeben. Mit ansteigender Temperatur ändern sich die Transistorkennwerte, wobei besonders der Kollektorreststrom ansteigt. Dabei verdoppelt sich dieser Wert für je 10 °C Temperaturzunahme. Außerdem ändern sich die Betriebsströme innerhalb und außerhalb des Transistors. Da sich – ähnlich wie bei einer Rückkopplung – die Stromwerte aufschaukeln, wird der Transistor überlastet und schließlich zerstört. Um die Auswirkungen des Temperatureinflusses zu vermindern, müssen die Transistorstufen stabilisiert werden. Dabei scheidet z. B. die Anwendung stabilisierter Gleichspannungen aus, weil der Arbeitspunkt infolge höherer Ströme oder wechselnder Temperaturen trotzdem davonlaufen würde. Vielmehr muß man die gleichstrommäßige Stabilisierung so durchführen, daß bei auftretenden Temperaturänderungen die Betriebsströme festgehalten werden. Diesen Forderungen entsprechende Schaltungen bezeichnet man als Parallelgegenkopplung oder als Seriengegenkopplung. Bevor wir zu diesen Schaltungen kommen, sei die einfachste Transistorstufe in Bild 13.1 gezeigt.

Dem Transistor wird an der Basis über den Elektrolytkondensator von 10 μF das zu verstärkende Signal zugeführt. Im Kollektorkreis liegt der Kollektor-Arbeitswiderstand von 2 bis 5 kΩ. Über den Elektrolyt-

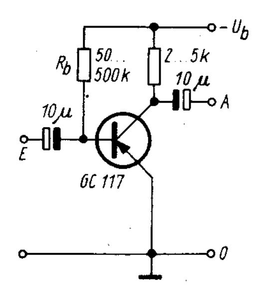



Bild 13.1
1stufige Transistorverstärkerstufe ohne Stabilisierung des Gleichstrom-Arbeitspunktes

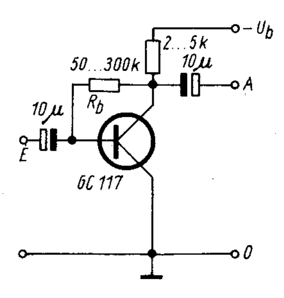



Bild 13.2
1stufige Transistorverstärkerstufe mit Parallelgegenkopplung zur Stabilisierung

kondensator von 10 μF kann vom Kollektor das verstärkte Signal entnommen werden. Die Emitterelektrode liegt auf Massepotential. Zwischen dem Minuspol der Speisebatterie und der Basiselektrode befindet sich der Widerstand $R_b$ von etwa 50 bis 500 kΩ. Eine stabilisierende Wirkung tritt nicht auf, da der Basisstrom nur abhängig ist von der Größe des Widerstandes $R_b$ und der Größe der Speisespannung. Bei Temperaturerhöhung verschiebt sich der Arbeitspunkt, und die Aussteuerbarkeit des Transistors geht zurück. Der Kollektorstrom kann unzulässige Werte annehmen, ohne daß der Widerstand $R_b$ die Basiselektrode dabei beeinflußt. Deshalb sollte man diese Schaltung nach Bild 13.1 nicht anwenden. Legt man aber den Widerstand $R_b$ direkt zwischen Basis- und Kollektorelektrode, so wird eine gleichstromstabilisierende Parallelgegenkopplung oder genauer Parallel-Spannungsgegenkopplung erreicht. Dabei müssen wir bei Transistorschaltungen den 2fachen Gebrauch des Begriffes »Gegenkopplung« beachten. Alle gleichstromstabilisierenden Gegenkopplungen sind statische Gegenkopplungen. Die dynamischen Gegenkopplungen, die dagegen wechselstrommäßig angewendet werden, dienen vor allem zur Herabsetzung der Verzerrungen, zur Stabilisierung der Verstärkereigenschaften und zum Erreichen bestimmter Eingangs- und Ausgangswerte.

Bild 13.2 zeigt die Anwendung der Parallelgegenkopplung bei einer Transistorverstärkerstufe zur gleichstrommäßigen Stabilisierung. Dabei ist der Basisstrom von der Kollektorspannung abhängig. Vergrößert sich bei einem Temperaturanstieg der Kollektorstrom, so wird die Kollektorspannung durch einen größeren Spannungsabfall am Kollektor-Arbeitswiderstand kleiner, dadurch natürlich auch der Basisstrom. Als Folge wird der Kollektorstrom zurückgeregelt. Da der Widerstand $R_b$ nicht mit einem Kondensator überbrückt werden kann, tritt zusätzlich eine Wechselstrom-Gegenkopplung auf. Will man diese verhindern, dann muß der Widerstand $R_b$ in 2 Widerstände in Reihenschaltung aufgeteilt und vom Verbindungspunkt der beiden Widerstände ein Kondensator an Masse gelegt werden. Wegen dieser Schwierigkeiten wendet man die Parallelgegenkopplung nur bei einfachen Schaltungen an.

Eine günstigere Schaltung zeigt Bild 13.3, bei der zur Gleichstromstabilisierung die Seriengegenkopplung, genauer Serien-Stromgegenkopplung, angewendet wird. Ausschlaggebend für die Stabilisierung ist der Emitterwiderstand von 100 Ω bis etwa 1 kΩ. Erhöht sich der Kollektorstrom infolge eines Temperaturanstieges, dann wird

die am Emitter auftretende Spannung nach negativen Werten hin verschoben. Dadurch vermindert sich auch die negative Spannung zwischen Basis und Emitter, und der Basisstrom verkleinert sich. Infolgedessen geht der Kollektorstrom zurück, womit die Stabilisierung erreicht ist. Zur Unterstützung der stabilisierenden Wirkung erhält die Basis eine feste Vorspannung, die durch die beiden als Spannungsteiler geschalteten Widerstände $R_1$ und $R_2$ erzeugt wird.

Da der Emitterwiderstand die Verstärkung infolge einer auftretenden Wechselstromgegenkopplung herabsetzt, muß er kapazitiv überbrückt werden. Er verringert aber auch die am Kollektor wirksame Spannung; man darf ihn daher nicht zu groß wählen. In der Praxis liegen die Werte für Vorstufenschaltungen zwischen 100 Ω und etwa 1 kΩ. Der Basisspannungsteiler sollte so dimensioniert werden, daß durch die Widerstände $R_1$ und $R_2$ etwa ein 2- bis 3fach höherer Strom fließt, als für die Basis erforderlich ist. Die möglichen Widerstandswerte sind in Bild 13.3 angegeben.

In Schaltungen, wo man nur kleine Werte des Emitterwiderstandes benutzen kann, z. B. in Endstufen oder wenn besonders ansteigende Temperaturverhältnisse kompensiert werden sollen, benutzt man für $R_2$ einen nichtlinearen Widerstand (NTC-Widerstand oder *Hescho*-Herwid-Widerstand). Dieser Widerstand nimmt mit zunehmender Temperatur kleinere Werte an. Mit abnehmendem Widerstand wird auch der Basisstrom kleiner, so daß der Kollektorstrom ebenfalls absinkt. Um eine den gegebenen Verhältnissen brauchbare Temperaturcharakteristik zu erhalten, schaltet man dem NTC-Widerstand einen ohmschen Widerstand parallel. Die Werte dieser Kombination legt man durch Versuche fest, da eine Berechnung sehr umständlich wäre.

Bild 13.4 zeigt eine Schaltung, wie sie vor allem für Versuchszwecke geeignet ist. Der

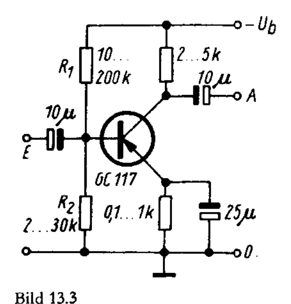



Bild 13.3
1stufige Transistorverstärkerstufe mit Serien-Stromgegenkopplung zur Stabilisierung

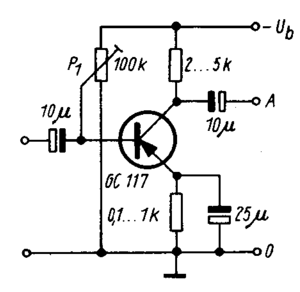



Bild 13.4
Beim experimentellen Aufbau ist es günstig, für den Basisspannungsteiler einen Trimmregler zu verwenden

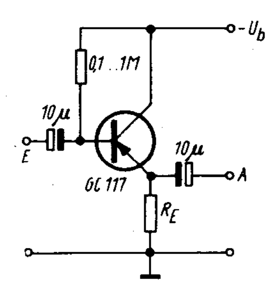



Bild 13.5
Schaltung einer Impedanzwandlerstufe mit hochohmigem Eingangs- und niederohmigem Ausgangswiderstand

Basisspannungsteiler besteht aus einem Trimmpotentiometer von 100 kΩ, wobei die Basiselektrode am Schleifer von P 1 liegt. Mit dem Trimmpotentiometer kann man den günstigsten Wert leicht einstellen. Verwendet wird der Transistor *GC 117*, der ein geringeres Rauschen aufweist als die Transistoren *GC 100* oder *GC 101*. Für besonders rauscharme Eingangsstufen empfiehlt sich die Anwendung des Transistors *GC 118*.

Ein besonderes Problem ist bei Transistorschaltungen das Erreichen eines genügend hohen Eingangswiderstandes der Schaltung. Dazu muß man andere Schaltungsvarianten einsetzen; ein Beispiel zeigt Bild 13.5. Die Größe des erzielbaren Eingangswiderstandes entspricht etwa dem Produkt von Stromverstärkung und Emitterwiderstand $R_E$. Wesentlich günstiger ist die in Bild 13.6 gezeigte Schaltung, die einen Basisspannungsteiler zur Arbeitspunktstabilisierung benutzt. Aber dieser belastet die Eingangsschaltung nicht, da die Basis über den Vorwiderstand 120 kΩ angeschlossen ist. Diese Schaltung läßt sich variabel einsetzen, so kann auch am Emitter ausgekoppelt werden, der Kollektorwiderstand entfällt dann. Die in Bild 13.6 angegebene Schaltung hat einen Eingangswiderstand von etwa 2 MΩ, die Spannungsverstärkung erreicht etwa den Wert 1. Die in Bild 13.5 bzw. in Bild 13.6 gezeigten Schaltungen bezeichnet man auch als Impedanzwandlerschaltungen, weil sie eine hochohmige Signalquelle (z. B. Kristall-Abtastsystem) an einen normalerweise niederohmigen Transistorverstärkereingang anzupassen vermögen.

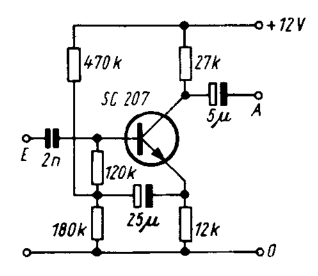



Bild 13.6
Impedanzwandlerschaltung mit hochgelegter Basis, die sogenannte *bootstrap*-Schaltung

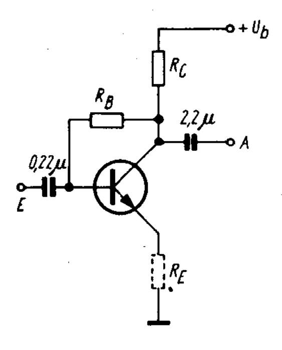



Bild 13.7
Einfache NF-Verstärkerschaltung mit Siliziumtransistor

In der Schaltung nach Bild 13.6 wird ein npn-Siliziumtransistor eingesetzt. Heute werden in hochwertigen NF-Verstärkeranlagen fast ausschließlich Siliziumtransistoren eingesetzt. Diese haben sehr niedrige Restströme und oft auch eine hohe Stromverstärkung. Die meisten der im Buch angegebenen Transistorschaltungen mit pnp-Germaniumtransistoren lassen sich auch mit npn-Siliziumtransistoren bestücken. Man muß nur die Polarität von Dioden, von Stromversorgung und von Elektrolytkondensatoren vertauschen. Zur Arbeitspunkteinstellung ist eventuell der Basisspannungsteiler anders zu dimensionieren.

Bild 13.7 zeigt eine einfache NF-Verstärkerschaltung mit npn-Siliziumtransistor. Durch den geringen Reststrom kann man auch mit einem kleinen Kollektorstrom arbeiten, so daß auch das Rauschen gering ist. Die Stabilisierung des Arbeitspunktes ist ausreichend, wobei sie mit zunehmender Betriebsspannung besser wird. Sieht man einen Emitterwiderstand $R_E$ vor, so wird die Spannungsverstärkung durch die Gegen-

kopplung zwar verringert, aber der Eingangswiderstand der Schaltung erhöht sich. Mit den Werten $R_B$ von 1 bis 3 MΩ, $R_C$ von 20 bis 200 kΩ und $R_E$ von 0,1 bis 1 kΩ erreicht man etwa eine Spannungsverstärkung von 10 bis 50 und einen Eingangswiderstand im Bereich von 20 bis 200 kΩ.
Die in der Bastelpraxis beliebten Kohlemikrofone sind niederohmig und benötigen außer der Hilfsbatterie zur Anpassung, z. B. an einen Röhrenverstärker, auch einen entsprechenden Anpassungsübertrager. Wesentlich eleganter kann man dieses Problem mit einer Transistorschaltung lösen. Bild 13.8 zeigt ein Beispiel, bei dem das Kohlemikrofon parallel zum Emitterwiderstand liegt, so daß es von einem Teil des Emitterstromes durchflossen wird. Am Kollektor läßt sich das NF-Signal entnehmen, das z. B. dem Plattenspielereingang eines Rundfunkempfängers zugeführt werden kann. In der Schaltung in Bild 13.9 ist das Kohlemikrofon Bestandteil des Basisspannungsteilers. Die Steuerung des Transistors erfolgt über den Elektrolytkondensator 10 µF an der Basiselektrode. Ausgekoppelt wird die NF-Spannung niederohmig an der Emitterelektrode. Mit dem Trimmregler 25 kΩ wird eine einwandfreie Verstärkung eingestellt.
Problemlos wird die Realisierung von hochohmigen Verstärker-Eingangsschaltungen durch den Einsatz von MOSFET-Transistoren. Diese arbeiten so hochohmig wie Elektronenröhren, so daß eine fast leistungslose Steuerung möglich ist. Eingangswiderstände von 100 MΩ und mehr lassen sich ohne großen Schaltungsaufwand erzielen. Bild 13.10 zeigt eine MOSFET-Eingangsschaltung zum Anschluß eines hochohmigen Kristall-Abtastsystems oder eines Kristallmikrofons. Soll eine niederohmige NF-Auskopplung erfolgen, so kommt der Elektrolytkondensator an die Source-Elektrode; es entfallen dann der Drain-Widerstand 15 kΩ und der Elektrolytkondensator 20 µF, der

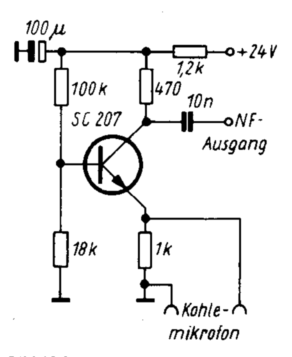


Bild 13.8
Anpassungsschaltung für ein Kohlemikrofon (Anschluß im Emitterkreis)

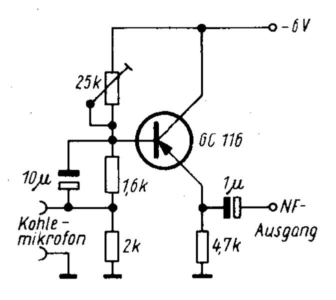


Bild 13.9
Anpassungsschaltung für ein Kohlemikrofon (Anschluß im Basiskreis)

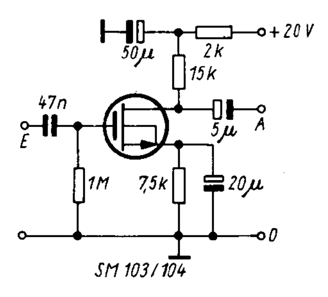


Bild 13.10
MOSFET-Verstärkerschaltung mit hochohmigem Eingangswiderstand

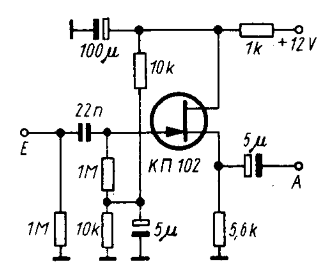



Bild 13.11
NF-Verstärkerschaltung mit Sperrschicht-FET-Transistor und hochohmigem Eingangswiderstand

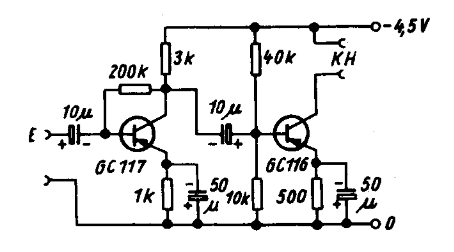



Bild 13.12
2stufige Transistorverstärkerschaltung für Kopfhöreranschluß

parallel zum Source-Widerstand 7,5 kΩ liegt. Die Spannungsverstärkung ist dann allerdings kleiner als 1. Als Beispiel für die Anwendung des Sperrschicht-FET-Transistors zeigt Bild 13.11 eine Verstärkerschaltung, bei der ein Transistortyp aus der UdSSR-Produktion eingesetzt ist. Auch bei dieser Schaltung liegt der Eingangswiderstand in der Größenordnung von 1 MΩ.

## 13.2. 2stufige Verstärker

Eine Verstärkerschaltung für den Anschluß eines Kopfhörers am Ausgang zeigt Bild 13.12. Diese 2stufige Schaltung ist mit den Transistoren *GC 117* und *GC 116* bestückt. Die 1. Stufe arbeitet mit Parallelgegenkopplung. Zur Unterstützung der Temperaturkompensation ist im Emitterkreis eine *RC*-Kombination vorgesehen. In der 2. Transistorstufe wurde eine Seriengegenkopplung verwendet. Im Kollektorkreis liegt der Kopfhörer, der eine Impedanz von 1 bis 2 kΩ aufweisen soll. Der normale Kopfhörer hat eine Impedanz von 4 kΩ, wobei beide Erregerspulen je eine Impedanz von 2 kΩ haben. Ändert man diese Reihenschaltung der Erregerspule in eine Parallelschaltung um, so hat der Kopfhörer eine Impedanz von 1 kΩ und ist dann für die Transistorschaltung besser geeignet.

Der in Bild 13.12 gezeigte Verstärker läßt sich als Abhörverstärker vielseitig verwenden. So kann man z. B. ein Dioden- oder Audionempfangsteil davorschalten. Zur Stromversorgung dient eine Taschenlampen-Flachbatterie von 4,5 V. Die beiden Transistoren entnehmen dieser Batterie einen Strom von etwa 1,5 mA. Bedenkt man, daß eine Taschenlampe dieser Batterie mehrere Stunden lang einen Strom von 200 bis 300 mA entnimmt, dann kann man sich vorstellen, wie lange diese Batterie in der Transistorschaltung brauchbar ist. Für die angegebene Schaltung können aber auch Betriebsspannungen von 1,5 V bis 9 V verwendet werden. Der Aufbau des Verstärkers erfolgt auf einer kleinen Pertinaxplatte von 1 mm bis 2 mm Stärke.

Eine interessante Anwendung eines 2stufigen Transistorverstärkers zeigt Bild 13.13a. Es handelt sich um einen Telefonadapter, mit dem man die Gegensprechstelle lautstark empfangen kann. Da kein Eingriff in den Telefonapparat notwendig ist, bekommt man auch keine Schwierigkeiten mit der *Deutschen Post*. Im Eingang des Verstärkers liegt eine Aufnahmespule mit einem Eisenkern, der magnetisch nicht geschlossen ist. Es eignen sich ein kleiner U-Eisenkern ohne Querblech oder ein kleiner E-Schnitt ohne Gegenblech. Steht nur ein M-Schnitt, z. B. *M 30*, zur Verfügung, so muß nach Bild 13b

ein Quersteg abgesägt werden, um den magnetischen Kreis zu unterbrechen. Der Spulenkörper wird mit dünnem Kupferlackdraht 0,1 mm Durchmesser vollgewickelt (etwa 4500 Wdg.). Die offene Seite der Aufnahmespule nähert man dem im Telefongehäuse befindlichen Leitungsübertrager von außen. Dadurch wird beim Sprechen der Gegenstelle in die Aufnahmespule eine NF-Spannung induziert. Diese NF-Spannung verstärkt der 2stufige Transistorverstärker; sie kann mit einem Kopfhörer (1 bis 2 kΩ Impedanz) im Kollektorkreis des 2. Transistors abgehört werden. Beide Stufen des Transistorverstärkers sind durch eine Parallelgegenkopplung gleichstrommäßig stabilisiert. Als Betriebsspannung genügt eine Stabbatterie von 1,5 V. Der Einbau erfolgt in ein kleines Gehäuse oder in eine Kunststoff-Seifenschachtel. Mit dem Schalter S wird das kleine Gerät ausgeschaltet. Als Transistoren eignen sich auch die Typen *GC 100* und *GC 101*.

Eine einfache Schaltung zur Vorverstärkung der von einem Mikrofon abgegebenen Spannung zeigt Bild 13.14. Dynamische Mikrofone, die meist einen Anschlußwert von 200 Ω haben, werden an den Eingangsbuchsen 2 und 3 angeschlossen. Kristallmikrofone mit einem wesentlich höheren Anschlußwert kann man an die Buchsen 1 und 3 anschließen. Allerdings ist die Anpassung nur unvollständig. Um eine korrekte Anpassung zu erzielen, müßte der Eingangstransistor in Kollektorbasisschaltung arbeiten, damit ein hochohmiger Eingangswiderstand der Schaltung erreicht wird.

Beide Transistorstufen arbeiten mit einer Seriengegenkopplung. Die Basisspannungsteiler bestehen aus Trimmpotentiometern, mit denen man bequem auf geringstes Rauschen und größte Verstärkung einstellen kann. Zur Vermeidung einer zu starken Wechselstrom-Gegenkopplung, die die Verstärkung herabsetzt, sind die Emitterwiderstände kapazitiv überbrückt. Als Betriebsspannung eignet sich eine Spannung von 1,5 oder 3 V. Für den Einbau sollte man ein metallisches Gehäuse nehmen. Bei Verwendung kleiner Bauteile ($^1/_{10}$-W-Widerstände und Kleinst-Elektrolytkondensatoren) kann z. B. ein alter Bandfilter-Abschirmbecher als Gehäuse benutzt werden.

Wesentlich günstigere Ergebnisse bei der Anpassung von Kristallmikrofonen erreicht

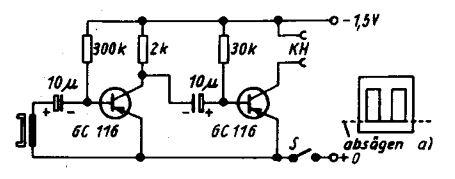



Bild 13.13
a – Schaltung für ein einfaches Telefon-Mithörgerät; b – Skizze für den Eisenkern der Induktionsspule

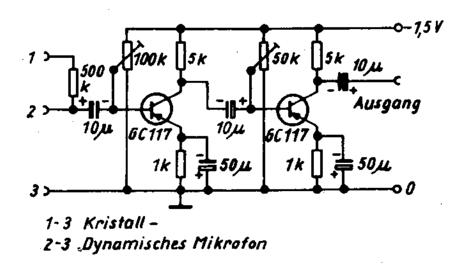



Bild 13.14
Schaltung für einen einfachen Mikrofonvorverstärker

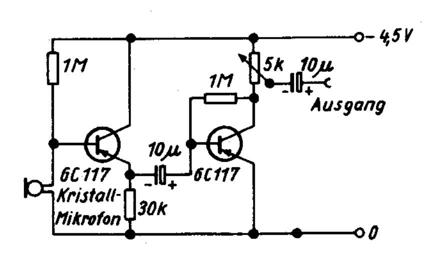



Bild 13.15
Schaltung eines Mikrofonvorverstärkers mit hochohmigem Eingang für Kristallmikrofone

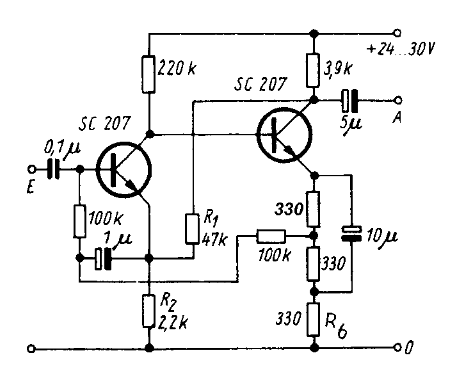



Bild 13.16
Schaltung eines universell verwendbaren 2stufigen NF-Verstärkers

man mit der Schaltung nach Bild 13.15. Hierbei arbeitet der Eingangstransistor in der Kollektorbasisschaltung, so daß ein genügend großer Eingangswiderstand der Schaltung erzielt wird. Die erreichbare Größe des Eingangswiderstandes ist abhängig von der Größe des Stromverstärkungsfaktors und von der Größe des Emitterwiderstandes. Die Spannungsverstärkung der Eingangsstufe ist kleiner als 1. Als Transistor wird in der Eingangsstufe der rauscharme Transistor *GC 117* verwendet. Die Basisvorspannung erreicht man durch den 1-MΩ-Widerstand zwischen Kollektor und Basis. Es bleibt sich gleich, ob man das Kristallmikrofon zwischen Basis und Pluspol oder Basis und Minuspol schaltet. Beide der Basis gegenüberliegenden Punkte sind wechselstrommäßig über die Speisebatterie kurzgeschlossen.

Als Arbeitswiderstand dient der Emitterwiderstand, an dem über einen Elektrolytkondensator das Signal abgenommen und der Basis des 2. Transistors zugeführt wird. Eine Stabilisierung dieser Transistorstufe erhält man wieder durch eine Parallelgegenkopplung mit dem Widerstand 1 MΩ. Die verstärkte NF-Spannung des Kristallmikrofons kann man am Kollektor über ein Potentiometer entnehmen, das zur Lautstärkeregelung dient. Je nach Empfindlichkeit des Hauptverstärkers muß man dieser Schaltung noch 1 oder 2 Transistor-NF-Stufen nachordnen. Als Spannungsversorgung ist eine Flachbatterie von 4,5 V vorgesehen. Der Aufbau erfolgt am günstigsten wieder auf einer kleinen Pertinaxplatte in einem metallischen Gehäuse. Sollen längere Leitungen an den endgültigen Ausgang angeschlossen werden, so empfiehlt sich die Transformation auf etwa 200 Ω mittels eines Ausgangstransformators, der an die Stelle des Kollektor-Arbeitswiderstandes der letzten Transistorstufe geschaltet wird. Ein geeigneter Transformator dafür ist der Kleinstübertrager *5 K 10* des VEB *Funkwerk*, Leipzig, der primärseitig eine Impedanz von 5 kΩ und sekundärseitig eine Impedanz von 200 Ω aufweist. Verwendet man einen Transformatorkern *M 30*, so erhält die Primärwicklung 2000 Wdg. aus 0,1-mm-CuL, die Sekundärwicklung 400 Wdg. aus 0,1-mm-CuL. Der Transformatorkern wird dabei wechselseitig geschichtet.

Bild 13.16 zeigt die Anwendung von Siliziumtransistoren in einem 2stufigen NF-Universalverstärker. Dieser Verstärker kann als NF-Baustein sehr vielseitig eingesetzt werden. Neben der direkten Stufenkopplung weist er 2 Gleichstrom-Gegenkopplungen auf. Eine wirkt zwischen dem Emitter der 2. und der Basis der 1. Transistorstufe, die andere zwischen dem Kollektor der 2. und dem Emitter der 1. Transistorstufe. Dadurch ist die Arbeitsweise der Verstärkerschaltung gut stabilisiert. Eine Veränderung der Spannungsverstärkung kann mit den Widerständen $R_1$ und $R_2$ vorgenommen werden, wobei mit zunehmender Verstärkung der Eingangswiderstand der Schaltung kleiner wird. In der angegebenen Dimensionierung ist die Spannungsverstärkung etwa 20fach, und der Eingangswiderstand liegt bei 1 MΩ. Mit $R_1$

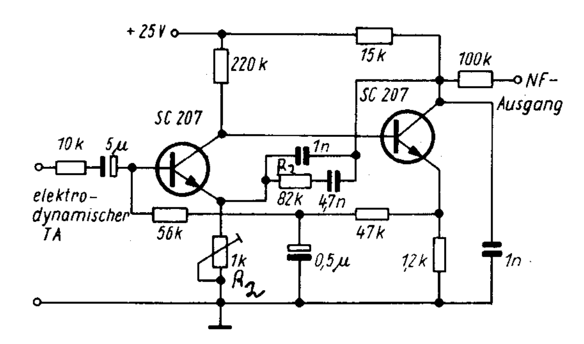



Bild 13.17
Schaltung des Entzerrer-Vorverstärkers für elektrodynamische Abtastsysteme vom VEB *Funkwerk* Zittau

etwa 100 kΩ und $R_2$ etwa 1 kΩ läßt sich eine etwa 100fache Verstärkung erreichen, und der Eingangswiderstand weist dann einen Wert von etwa 200 kΩ auf.

Ersetzt man in der Schaltung nach Bild 13.16 die Widerstände $R_1$ und $R_2$ durch eine geeignete *RC*-Schaltung, so wird die Verstärkung frequenzabhängig. Man erhält dann z. B. den Entzerrer-Vorverstärker entsprechend Bild 13.17, der als Baustein vom VEB *Funkwerk* Zittau in die Plattenspieler mit elektrodynamischem Abtastsystem eingebaut wird. Da die Aufzeichnung auf einer Schallplatte nicht frequenzlinear erfolgt, sondern der Aufzeichnungscharakteristik nach *TGL 200–7004* entspricht, müssen bei der Wiedergabe die Tiefen angehoben und die Höhen abgesenkt werden. Diese Entzerrung realisiert die frequenzabhängige Gegenkopplung zwischen Kollektor der 2. und Emitter der 1. Transistorstufe. Gekennzeichnet ist die Entzerrung durch die Zeitkonstanten 3180 µs, 318 µs und 75 µs. Da ein elektrodynamisches Abtastsystem nur eine geringe Ausgangsspannung abgibt (≈ 10 mV), verstärkt der Entzerrer-Vorverstärker das Eingangssignal.

## 13.3. 3stufige Verstärker

Sollen bei NF-Vorverstärkern kleine Eingangsspannungen verstärkt oder große Verstärkungsziffern erzielt werden, so muß man die Schaltung mehrstufig ausführen. Dabei ist zu beachten, daß bereits die Stabilisierung der Schaltung Schwierigkeiten bereitet. Deshalb sollte man bei mehrstufigen Schaltungen vor allem die Seriengegenkopplung mit kapazitiv überbrücktem Emitterwiderstand und Basisspannungsteiler anwenden. Bild 13.18 zeigt die Schaltung für einen 3stufigen Transistorverstärker, den man z. B. als Hörgerät für Schwerhörige oder als empfindlichen Abhörverstärker verwenden kann. Hörgeräte werden auch industriell hergestellt und sind meist 3- oder 4stufig ausgeführt. Das Hörgerät nach Bild 13.18 hat im Eingang ein Kristallmikrofon. Das parallelliegende Potentiometer dient zur Lautstärkeregelung. Damit sich der Arbeitspunkt des Transistors nicht bei der Lautstärkeregelung verändert, befindet sich zwischen dem Schleifer des Potentiometers und der Basis des Eingangstransistors zur Gleichstromsperrung ein Elektrolytkondensator von 10 µF. Die Eingangsstufe arbeitet auch ohne Stabilisierung, alle anderen Stufen mit Seriengegenkopplung. Der Basisspannungsteiler des 2. Transistors wird durch ein Trimmpotentiometer dargestellt.

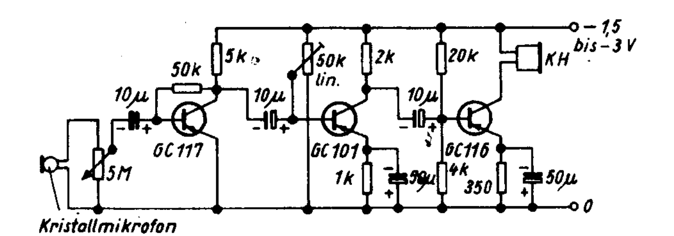



Bild 13.18
3stufiger Mikrofonvorverstärker für Kristallmikrofone

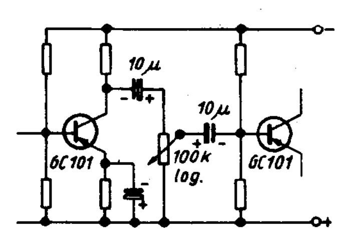
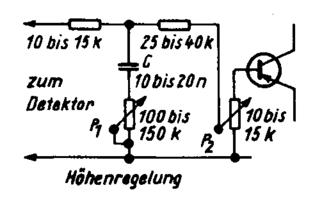



Bild 13.19
Lautstärkeregelung bei Transistorverstärkern, Anordnung zwischen 2 Transistorstufen



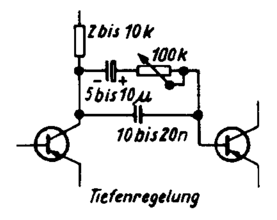




Bild 13.20
Möglichkeiten der Klangregelung bei Transistorverstärkern

Im Ausgang liegt ein dynamischer Kleinsthörer (wie ihn z. B. der VEB *Funkwerk* Kölleda herstellt), der am Ohr getragen werden kann.
Wird die Schaltung als Abhörverstärker verwendet, so entfällt im Eingang das Mikrofon und der 5-MΩ-Regler. Als Stromversorgung des Transistorverstärkers genügen 1 oder 2 Gnom-Stabbatterien von 1,5 V, die besonders klein sind. Der Aufbau kann wiederum auf einer Pertinaxplatte erfolgen. Soll ein Hörgerät für einen Schwerhörigen aufgebaut werden, so muß die Bauweise möglichst flach ausgeführt sein. Als Mikrofon wird eine vom VEB *Funkwerk* Leipzig hergestellte Kristallmikrofonkapsel verwendet.
Will man bei einem mehrstufigen Transistor-NF-Verstärker die Lautstärke regeln, so zeigen Bild 13.15 und Bild 13.18 2 Varianten. Möglich ist auch die Anordnung des Lautstärkereglers zwischen 2 Transistorstufen, wie sie Bild 13.19 wiedergibt. Damit sich die Arbeitspunkte durch den Lautstärkeregler aber nicht verschieben, muß dieser gleichstromfrei angeschlossen werden. Zu diesem Zweck ist zum Kollektor und zur Basis jeweils ein Elektrolytkondensator anzuordnen.
Möglichkeiten zur Klangbeeinflussung erläutert Bild 13.20. In der linken Schaltung kann mit der Reihenschaltung von Kondensator *C* und Potentiometer P 1 eine Höhenregelung vorgenommen werden. Mit sich verringerndem Potentiometerwiderstand

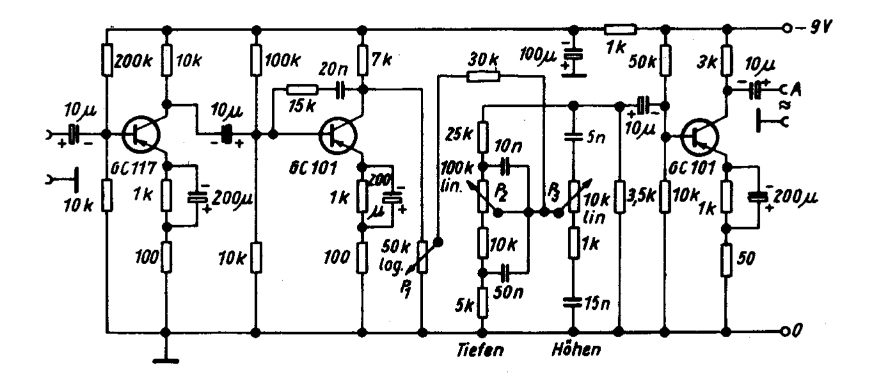



Bild 13.21
Schaltung eines mit pnp-Transistoren bestückten NF-Vorverstärkers mit getrennter Tiefen- und Höhenregelung

wird die Höhenbeschneidung stärker. Den Höhenregler ordnet man am Eingang des Transistorverstärkers an. Als Lautstärkeregler wird das Potentiometer P 2 verwendet. Die rechte Schaltung dient zur Regelung der tiefen Frequenzen. Den größeren Kopplungskondensator kann man durch das Potentiometer mehr oder weniger wirksam einschalten. Bei kleinem Potentiometerwiderstand liegt der Elektrolytkondensator parallel zu dem kleineren Kondensator, und die tiefen Frequenzen werden hindurchgelassen. Bei großen Widerstandswerten wirkt immer mehr nur noch der kleinere Kopplungskondensator, so daß die tiefen Frequenzen nicht passieren können.

Die Schaltung eines NF-Vorverstärkers mit getrennter Regelung der tiefen und hohen Frequenzen zeigt Bild 13.21. Dabei wird das aus der NF-Verstärkertechnik bekannte *RC*-Netzwerk benutzt. Transistorschaltungen sind niederohmig, daher auch die Werte der *RC*-Glieder entsprechend kleiner. Diese *RC*-Glieder gestatten sowohl eine Anhebung als auch eine Absenkung der Höhen und Tiefen um jeweils etwa 15 dB. Der Vorverstärker ist 3stufig, da die Verluste durch das *RC*-Netzwerk ausgeglichen werden müssen. Zur Linearisierung des Frequenzganges sind die Emitterwiderstände aufgeteilt und nur teilweise kapazitiv durch Elektrolytkondensatoren überbrückt. Bei allen 3 Stufen wurde die gleichstrommäßige Seriengegenkopplung angewendet. Der Lautstärkeregler P 1 ist vor dem *RC*-Netzwerk nach der 2. Transistorstufe angeordnet. Mit dem Potentiometer P 2 können die Tiefen, mit dem Potentiometer P 3 die Höhen angehoben oder gesenkt werden. Der Vorverstärker ist so dimensioniert, daß man ihn mit einer Treiberstufe und einer Gegentakt-Endstufe zu einem kompletten NF-Verstärker zusammenschalten kann. Zur Stromversorgung dienen 2 in Reihe geschaltete Flachbatterien von je 4,5 V.

Bild 13.22 zeigt die Schaltung einer getrennten Tiefen- und Höhenregelung mit Siliziumtransistoren. Die Eingangsstufe arbeitet als Impedanzwandler, da das Klangregelnetzwerk relativ niederohmig ist. Die Ausgangsstufe gleicht die Spannungsverluste durch das Klangregelnetzwerk wieder aus, so daß die Gesamtverstärkung etwa 1 ist. Diese Klangregelschaltung kann daher in jeden NF-Vorverstärker eingefügt werden. Der Eingangswiderstand beträgt etwa 100 kΩ, der Ausgangswiderstand etwa 5 kΩ. In Mittelstellung der Potentiometer erhält

man eine frequenzlineare Verstärkung. Von der Mittenfrequenz 1 kHz aus erfolgt die Absenkung bzw. Anhebung der Höhen und Tiefen um etwa 20 dB.

Heute werden in der Amateurpraxis vorwiegend dynamische Mikrofone benutzt. Die geringe abgegebene NF-Spannung muß entsprechend verstärkt werden, wenn man einen größeren Transistorverstärker aussteuern will. Eine geeignete Schaltung zeigt Bild 13.23, die mit npn-Siliziumtransistoren bestückt ist. Die erreichbare NF-Ausgangsspannung ist etwa $U_{eff} = 2$ V. Der Widerstand $R$ am Verstärkereingang wird in der Größenordnung der Mikrofonimpedanz dimensioniert (200 bis 500 Ω). Mit dem Potentiometer kann die Lautstärke reguliert werden. Für den Aufbau empfiehlt sich die Anfertigung einer Leiterplatte.

Zu einem günstigen Preis war im Fachhandel ein kleiner kompletter NF-Verstärker unter der Bezeichnung *foni* erhältlich; produziert wurde er vom VEB *Elektronikhandel* Berlin. Mit den 3 Transistoren ist die Verstärkung größer als 100fach, sie läßt sich über den Lautstärkeregler $R_2$ regeln. Zur Stromversorgung wird ein Kleinakkumulator *RZP 2* (2 V – 0,5 Ah) eingesetzt, der Ruhestrom der Schaltung beträgt etwa 5 mA. Der Frequenzübertragungsbereich umfaßt 100 Hz bis etwa 12 kHz. Als Ohrhörer ist der Typ *K 061* bzw. *K 065* vom VEB *Funkwerk* Kölleda geeignet. Die Abmessungen des kleinen Verstärkers betragen 95 mm × 55 mm × 20 mm.

Die Schaltung (Bild 13.24) zeigt einen einfachen 3stufigen NF-Verstärker, der am Eingang eine Induktionsspule zur induk-

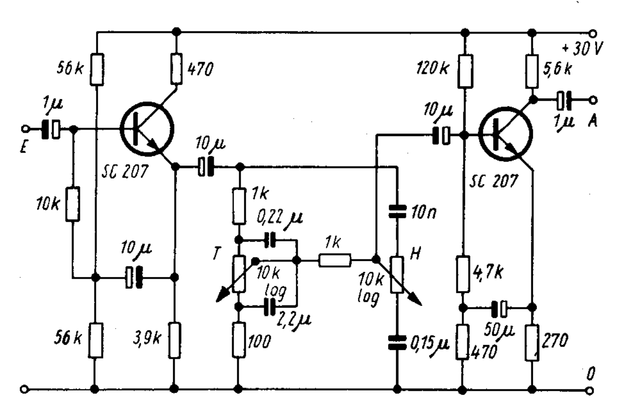



Bild 13.22
Mit npn-Transistoren bestückte Klangregelschaltung

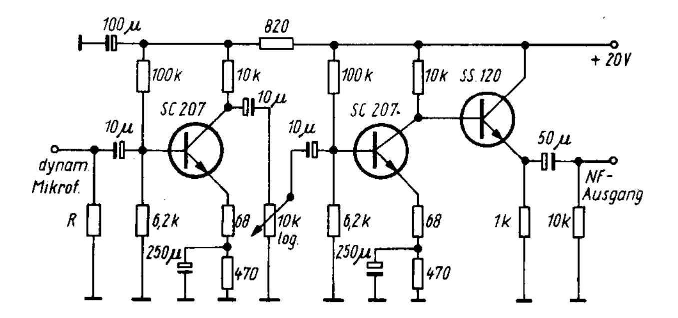



Bild 13.23
3stufiger Mikrofonvorverstärker für dynamische Mikrofone

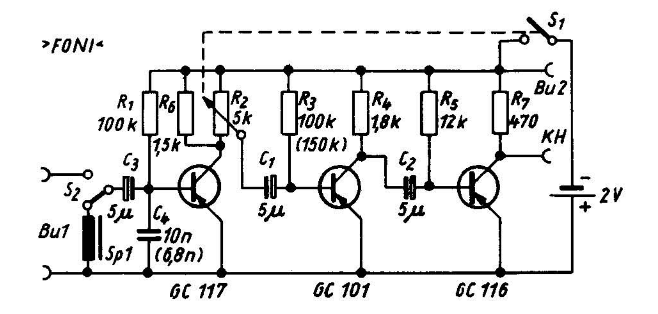


Bild 13.24
Schaltung des vielseitig einsetzbaren *foni*-Verstärkers

tiven Aufnahme einer Wechselspannung hat. Die vorhandene Eingangsbuchse weist einen Umschaltkontakt auf, so daß über den Stecker am Verstärker auch eine Wechselspannung (maximal 4 mV) direkt eingespeist werden kann.

Mit der Induktionsspule kann das *foni* als Hörhilfe beim Telefonieren benutzt werden. Zu diesem Zweck bringt man das Gerät so in die Nähe des Telefonapparates, daß es das Streufeld des Telefonübertragers erfaßt und das ankommende Gespräch im Ohrhörer gut wiedergegeben wird. Will jemand in Ruhe lesen oder studieren, andere jedoch im gleichen Raum das Rundfunk- oder Fernsehprogramm verfolgen, so bietet *foni* einen Ausweg. An den abschaltbaren Zweitlautsprecheranschluß des Rundfunk- oder Fernsehempfängers wird eine Induktionsschleife angeschlossen. Dazu werden mehrere Windungen dünnen isolierten Drahtes (Klingeldraht) in der Nähe der

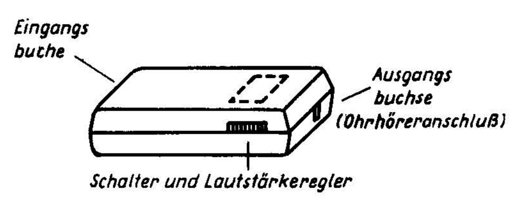
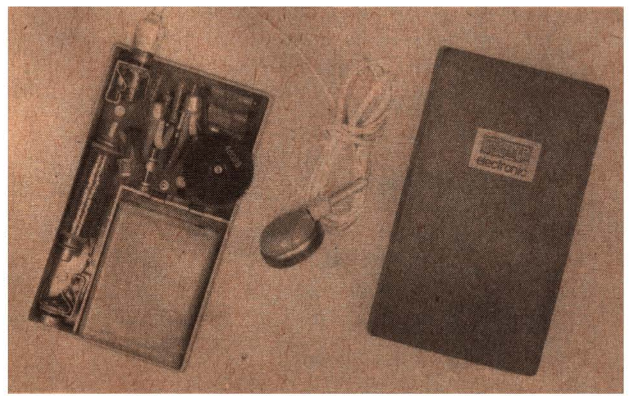


Bild 13.25
Bezeichnung der Anschlüsse und Bedienteile am *foni*


Bild 13.26
Ansicht des *foni* bei abgenommener Deckkappe

Sitzplätze (am besten unter den Teppich) so angeordnet, daß sie die ganze Sitzfläche umschließen. Da eine solche Induktionsschleife meist zu niederohmig ist, schaltet man noch einen Widerstand von einigen Ohm (Drahtausführung) zu ihr in Reihe. Die NF-Signale können innerhalb der Fläche von beliebig vielen Personen (mit je einem *foni*) aufgenommen werden. In gleicher Weise kann eine kleine Simultan-Dolmetscheranlage oder die Erklärung von Ausstellungsexponaten verwirklicht werden.

Mit der Induktionsspule lassen sich aber auch Starkstromleitungen (belastet!) unter Putz verfolgen oder andere magnetische Streufelder aufspüren. Bild 13.25 zeigt die Lage der Anschlüsse am *foni*. Entfernt man vom *foni* die Kappe, so liegt der Batterieraum und die Schaltung frei (Bild 13.26).

## 13.4. Endstufen kleiner Leistung

Will man kleine Transistorverstärker oder Transistorempfänger an einem Lautsprecher betreiben, so muß für die Endstufe ein Transistor mit einer größeren Verlustleistung gewählt werden. Zwar kann man schon an einen Verstärkerausgang mit dem Transistor *GC 100* einen größeren Lautsprecher mit Ausgangsübertrager anschließen und auch etwas hören, aber mehr als etwa 10 mW werden nicht abgegeben. Bei kleinen Lautsprechern, wie sie in Transistorgeräten Verwendung finden, hört man entsprechend dem schlechten Wirkungsgrad des Kleinstlautsprechers noch weniger.

Endstufen mit einem Transistor arbeiten als Eintakt-A-Verstärker, bei denen der Kollektorstrom fest eingestellt wird. Durch diesen festeingestellten Gleichstrom-Arbeitspunkt verbraucht man auch ohne Ansteuerung eine bestimmte Leistung, die den Transistor belastet. Dadurch ist die Speisebatterie ebenfalls dauernd belastet und verbraucht sich schneller. Die erzielbare NF-Leistung kann deshalb beim Eintakt-A-Verstärker nur 30 bis 50% der maximalen Verlustleistung betragen.

Bild 13.27 zeigt eine NF-Verstärkerschaltung mit dem Transistor *GC 116* in der Endstufe. Mit dieser Schaltung kann eine NF-Leistung von etwa 20 bis 25 mW erzeugt werden. Durch den Lautsprecher wird zwar weniger abgestrahlt, aber in ruhigen Räumen ohne störende Nebengeräusche genügt diese Leistung schon. Im Freien reicht die Leistung allerdings nicht aus, so daß man eine stärkere Endstufe wählen muß. Die erste Transistorstufe arbeitet mit Parallelgegenkopplung. Der Wert des Widerstandes zwischen Basis und Kollektor muß ausprobiert werden. Der angegebene Widerstand 1 kΩ ist nur ein Anhaltswert; die Einstellung erfolgt auf geringstes Rauschen.

Die 2. Stufe arbeitet mit Seriengegenkopplung. Der Basisspannungsteiler ist ein

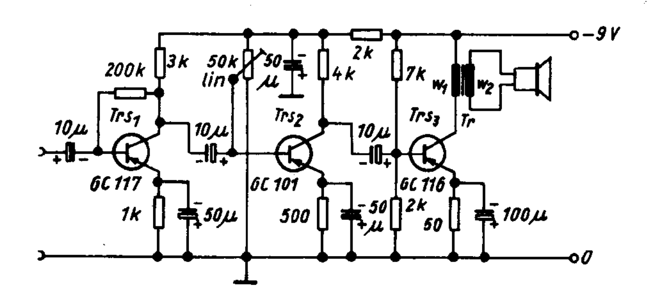



Bild 13.27
Transistorverstärker mit Lautsprecher-Endstufe (etwa 25 mW)

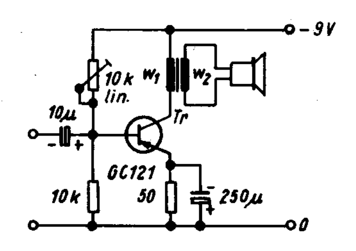



Bild 13.28
Transistor-Endstufenschaltung für etwa 50 mW

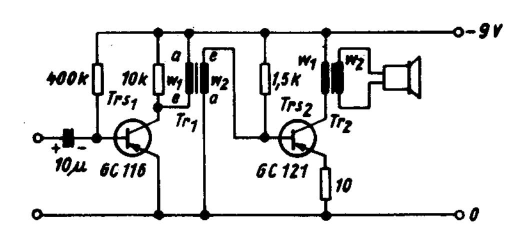



Bild 13.29
Einfacher NF-Verstärker mit Übertragerkopplung (50 mW)

Trimmpotentiometer, das auf eine verzerrungsfreie Verstärkung eingeregelt wird. Natürlich können auch 2 entsprechende Widerstände eingesetzt werden (40 kΩ und 5 kΩ). Beide Transistorvorstufen arbeiten mit einer verringerten Betriebsspannung. Zu diesem Zweck wurde der Widerstand von 2 kΩ vorgeschaltet. Allerdings ist eine kapazitive Erdung durch einen Elektrolytkondensator von etwa 50 µF erforderlich, da sonst Verkopplungen der Transistorstufen auftreten. Die Endstufe, mit dem Transistor *GC 116* bestückt, arbeitet ebenfalls mit Seriengegenkopplung. Durch Verändern der Größe des Widerstandes von 7 kΩ wird für die Endstufe ein Kollektorstrom von etwa 12 mA eingestellt. Im Kollektorkreis liegt der Ausgangsübertrager, an dessen Sekundärseite der Kleinstlautsprecher anzuschließen ist. Für den Ausgangstransformator verwenden wir einen Kern *M 30/7*. Die Windungszahlen sind wie folgt:

$w_1$ = 700 Wdg., CuL,
0,15 mm Durchmesser,
$w_2$ = 100 Wdg., CuL,
0,5 mm Durchmesser,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Als Lautsprecher empfiehlt sich vor allem der *Sternchen*-Lautsprecher, da er einen kleinen Durchmesser hat und außerdem sehr flach aufgebaut ist. Zur Stromversorgung dienen 2 Flachbatterien von je 4,5 V. Der Aufbau kann auf einer kleinen Platte aus 1 bis 2 mm starkem Pertinax erfolgen. Die Anschlüsse der einzelnen Bauelemente werden durch Bohrungen gesteckt, auf der Rückseite erfolgt dann die Verdrahtung.

Eine leistungsstärkere Endstufe mit dem Transistor *GC 121*, der eine maximale Verlustleistung von 150 mW hat, zeigt Bild 13.28. Damit läßt sich im Eintakt-A-Betrieb eine NF-Leistung von 50 bis 60 mW erzeugen. Der größere Widerstand des Basisspannungsteilers ist regelbar; es wird ein Trimmpotentiometer verwendet. Der Ausgangstransformator hat einen Kern *M 30*, für den folgende Wicklungsangaben gelten:

$w_1$ = 500 Wdg., CuL,
0,2 mm Durchmesser,
$w_2$ = 80 Wdg., CuL,
0,5 mm Durchmesser,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Eine Schaltung mit Übertragerkopplung zeigt Bild 13.29. In der Vorstufe, die mit Seriengegenkopplung arbeitet, wird der Transistor *GC 116* verwendet. Mit dem Endstufentransistor *GC 121* erreicht man eine Ausgangsleistung von etwa 50 mW. Diese nur wenige Bauteile benötigende Verstärkerschaltung ist gut geeignet für Ta-

schenempfänger. Die Stromaufnahme beträgt etwa 30 mA. Die Endstufe ist transformatorisch angekoppelt. Für den Zwischenüberträger mit einem Kern *M 30* gelten folgende Werte:

$w_1$ = 3500 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
$w_2$ = 500 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Die Stabilisierung nimmt man vor, indem die Sekundärwicklung des Zwischenüberträgers in den Basisspannungsteiler der Endstufe einbezogen wird. Auf richtige Polung des Transformators ist zu achten; deshalb wurden jeweils Wicklungsanfang (a) und Wicklungsende (e) im Schaltbild angegeben. Bei richtiger Polung der Sekundärwicklung kompensiert der durch sie fließende Gleichstrom einen Teil der durch den Ruhestrom der Treiberstufe erzeugten Gleichstrom-Vormagnetisierung. Der parallel zur Primärwicklung liegende Widerstand von etwa 10 kΩ verbessert den Klirrfaktor und den Frequenzgang. Für den Ausgangstransformator gelten folgende Angaben:

$w_1$ = 500 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
$w_2$ = 80 Wdg., CuL,
0,5 mm Durchmesser,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Zu beachten ist, daß die Transistoren *GC 121* zur besseren Ableitung der Wärme mit den Kühlschellen an ein Kühlblech zu montieren sind.

## 13.5. Endstufen größerer Leistung

Für Endstufen größerer Leistung wurden entwicklungsmäßig die Transistoren *GD 100* bis *GD 130* mit einer Verlustleistung von 1 W und die Transistoren *GD 150* bis *GD 180* mit einer Verlustleistung von 5,3 W hergestellt. Bild 13.30 zeigt eine Eintakt-A-Endstufe mit dem Transistor *GD 120*, die eine NF-Leistung von etwa 0,6 W an den Lautsprecher abgeben kann. Der Ruhestrom, der mit dem Potentiometer von 5 kΩ eingestellt wird, soll etwa 100 mA betragen. Zur besseren Wärmeableitung muß der Transistor *GD 120* auf einem Kühlblech befestigt werden. Für den Ausgangstransformator gelten folgende Werte:

$w_1$ = 500 Wdg., CuL,
0,35 mm Durchmesser,
$w_2$ = 100 Wdg., CuL,
0,8 mm Durchmesser,
*M 55/20*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

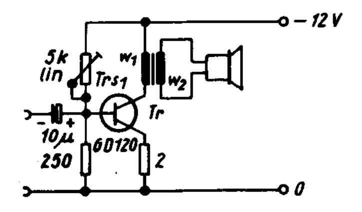



Bild 13.30
Transistor-Endstufenschaltung für etwa 0,6 W

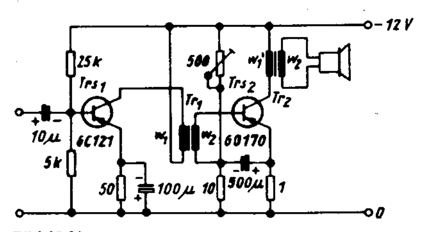



Bild 13.31
Transistorverstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 2 W

Eine Schaltung für eine Ausgangsleistung von etwa 2 W zeigt Bild 13.31. Verwendet wird der Transistor *GD 170*. Die Kopplung zwischen Treiberstufe und Endstufe ge-

schieht mit einem Zwischenübertrager. Die Stabilisierung beider Transistorstufen erfolgt durch Basisspannungsteiler und Emitterwiderstände. Der Ruhestrom der Endstufe wird auf 250 bis 300 mA eingestellt. Für den Zwischenübertrager Tr 1 gelten folgende Werte:

$w_1$ = 1500 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
$w_2$ = 140 Wdg., CuL,
0,2 mm Durchmesser,
*M 42/15*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Für den Ausgangstransformator werden folgende Hinweise gegeben:

$w_1$ = 300 Wdg., CuL,
0,6 mm Durchmesser,
$w_2$ = 50 Wdg., CuL,
0,8 mm Durchmesser,
*M 65/27*, Dyn.-Bl. IV, 0,5 mm,
wechselseitig geschichtet.

## 13.6. Gegentakt-Endverstärker

Transistor-Gegentaktverstärker arbeiten im B-Betrieb. Dadurch haben sie ohne Ansteuerung lediglich einen kleinen Ruhestrom, der die Batterie nur gering belastet. Das ist einer der Vorteile gegenüber der Eintakt-A-Schaltung. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß der erzielbare Wirkungsgrad größer ist, beim Eintakt-A-Betrieb etwa 50%, beim Gegentakt-B-Betrieb etwa 75%. Außerdem bleibt beim Gegentaktbetrieb nur ein Viertel der aufgenommenen Gleichstromleistung beim Transistor und belastet diesen. Deshalb kann man mit 2 Transistoren von einer maximalen Verlustleistung von je 100 mW eine Ausgangsleistung von 400 mW erzielen. Wichtig ist bei Gegentakt-Endstufen, daß beide Transistoren gleiche Werte der Stromverstärkung und der Kollektorrestströme aufweisen. Deshalb werden für solche Schaltungen die Endstufentransistoren auch als Pärchen geliefert. Hat man diese nicht zur Verfügung, dann muß man durch Messungen geeignete Exemplare aussuchen. Bei unterschiedlichen Exemplaren treten bei der Verstärkung starke Verzerrungen auf, die das Klangbild verfälschen. Gegenüber den vielen Vorteilen hat die Gegentaktschaltung aber den Nachteil, daß man an die Transformatoren strengere Bedingungen bezüglich der Symmetrie der Gegentaktwicklungen stellen muß. Deshalb werden die Gegentaktwicklungen meist bifilar gewickelt, also 2 Drähte auf einmal. Beim Herausführen der Enden ist dann darauf zu achten, daß das Ende der einen Drahtwicklung mit dem Anfang der 2. Drahtwicklung verbunden wird. Sonst erhält man nicht die richtigen Phasenverhältnisse.

Die Stabilisierung erfolgt bei Gegentakt-Endstufen durch einen Emitterwiderstand und einen Basisspannungsteiler. Da am Emitterwiderstand NF-Leistung verlorengeht, darf dieser nur kleine Werte haben. Zur besseren Stabilisierung schaltet man meist dem Widerstand zwischen Basis und Masse noch einen Heißleiter (NTC-Widerstand) geeigneter Größe parallel.

Bild 13.32 zeigt einen Gegentakt-B-Verstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 100 mW. In der Treiberstufe verwendet man den Transistor *GC 101*. Diese Stufe wird seriengegengekoppelt, so daß ein betriebssicheres Arbeiten gewährleistet ist. Die Speisespannung der Treiberstufe setzt der Widerstand von 500 Ω herab. Zur Entkopplung dient der Elektrolytkondensator von 50 μF im Kollektor. Als Treibertransformator und als Ausgangstransformator nimmt man die Typen *K 20* und *K 21*, die auch im Transistor-Taschenempfänger *Sternchen* eingebaut sind. Hersteller dieser Kleinstübertrager war der VEB *Funkwerk* Leipzig. Diese Kleinstübertrager haben folgende Daten:

*Treiberübertrager K 20*

$w_1$ = 1 500 Wdg., CuL,
0,04 mm Durchmesser,
$w_2$ = 2×500 Wdg., CuL,
0,05 mm Durchmesser
*EL 16/6*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
je 2 Bleche,
wechselseitig geschichtet.

*Gegentakt-Ausgangsübertrager K 21*

$w_1$ = 2×480 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
$w_2$ = 66 Wdg., CuL,
0,32 mm Durchmesser,
*EL 19/5*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Will man die Übertrager selbst herstellen, so sind bei einem Kern *M 30* etwa folgende Windungszahlen aufzubringen:

*Treiberübertrager Tr 1*

$w_1$ = 2000 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
$w_2$ = 2×600 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
gleichsinnig geschichtet.

*Ausgangsübertrager Tr 2*

$w_1$ = 2×500 Wdg., CuL,
0,15 mm Durchmesser,
$w_2$ = 80 Wdg., CuL,
0,3 mm Durchmesser,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Die Gegentaktwicklungen werden bifilar gewickelt, damit man eine entsprechende Symmetrie erreicht. Die Kollektorströme stellt man mit den Trimmpotentiometern ein. Für die Endstufe ist dabei ein Kollektorruhestrom von 0,3 mA erforderlich. Zur Verbesserung der Stabilisierung kann dem Basisspannungsteiler-Widerstand von 200 Ω ein NTC-Widerstand parallelgeschaltet werden, z. B. *Hescho HLS 200* bzw. *HLS 125*. Zur Klangverbesserung schaltet man den Primärseiten der Übertrager jeweils einen Kondensator von etwa 10 bis 20 nF parallel.

Einen Gegentaktverstärker für die größere

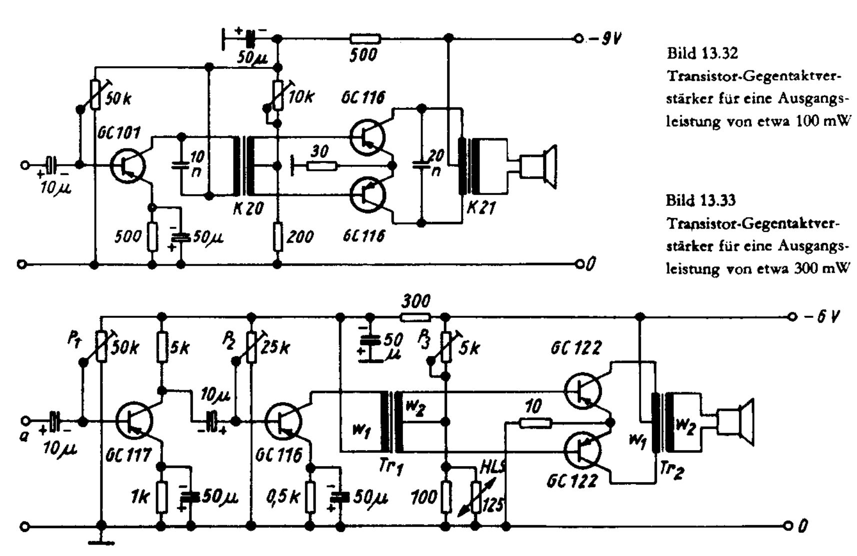



Bild 13.32
Transistor-Gegentaktverstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 100 mW

Bild 13.33
Transistor-Gegentaktverstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 300 mW

Ausgangsleistung von etwa 300 mW zeigt Bild 13.33. Diesen kompletten Verstärker verwenden wir für Kofferplattenspieler oder Kofferradios. Der NF-Verstärker besteht aus der Vorstufe mit dem rauscharmen Transistor *GC 117*, einer Treiberstufe mit dem Transistor *GC 116* und der Gegentakt-B-Endstufe mit 2 Transistoren *GC 122*. Alle Stufen arbeiten mit Seriengegenkopplung. Die Arbeitspunkte können mit den Trimmpotentiometern P 1 bis P 3 eingestellt werden. Der Kollektorstrom wird bei dem Transistor T 1 auf etwa 2 mA, beim Transistor T 2 auf etwa 5 mA eingeregelt. Der Kollektorruhestrom der Endstufe soll etwa 3 mA betragen. Eine zusätzliche Verbesserung der Stabilisierung ergibt der parallel zum Widerstand von 100 Ω liegende NTC-Widerstand (*Hescho HLS 125*). Für die Übertrager gelten etwa folgende Angaben:

*Treiberübertrager Tr 1*

$w_1$ = 2000 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
$w_2$ = 2 × 600 Wdg., CuL,
0,1 mm Durchmesser,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
gleichsinnig geschichtet.

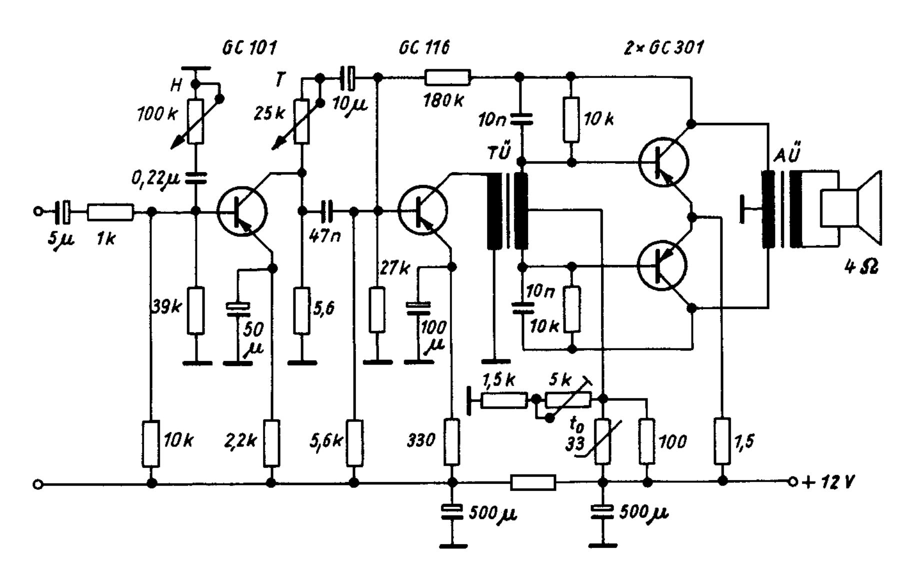
*Ausgangsübertrager Tr 2*

$w_1$ = 2 × 300 Wdg., CuL,
0,3 mm Durchmesser,
$w_2$ = 80 Wdg., CuL,
0,5 mm Durchmesser,
*M 42/15*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Die Gegentaktwicklungen werden bifilar gewickelt. Zur Stromversorgung dienen 4 Monozellen von je 1,5 V, so daß sich eine Speisespannung von 6 V ergibt. Eine Lautstärkeregelung kann mit einem Potentiometer von 10 kΩ am Eingang des Verstärkers erfolgen.

Den Aufbau eines Gegentaktverstärkers nimmt man auf einer 2 mm starken Perti-

Bild 13.34
Transistor-Gegentaktverstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 1 W



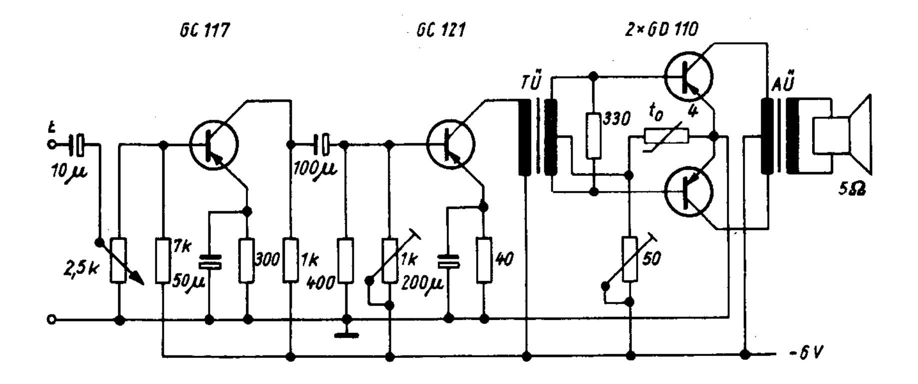



Bild 13.35
Transistor-Gegentaktverstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 2 W

naxplatte vor. In Abschnitt 4.5. wurde schon einiges dazu gesagt. Die Transistoren *GC 122* sind jeweils mit der Kühlschelle auf einem Kühlblech zu befestigen. Es empfiehlt sich ein Alublech mit den Abmessungen von etwa 75 mm × 30 mm × 2 mm.
Der in Bild 13.34 vorgestellte NF-Verstärker stammt aus dem Koffersuper *Stern-Elite*. Die maximal erreichbare NF-Ausgangsleistung ist etwa 1 W bei einem Klirrfaktor von 10%. Eine getrennte Tiefen- und Höhenregelung erlaubt in Verbindung mit der Gegenkopplung eine gute Wiedergabequalität. Die Ruhestromeinstellung erfolgt durch die Basiswiderstände 39 kΩ, 27 kΩ und den Einstellregler 5 kΩ. Für die Standard-Übertrager gelten folgende Daten:

*Treiberübertrager TÜ*

Kerngröße *EI 30/10*
primär 2000 Wdg., 0,08-mm-CuL,
sekundär 2 × 620 Wdg., 0,12-mm-CuL (bifilar).

*Ausgangsübertrager AÜ*

Kerngröße *EI 38/13*
primär 2 × 160 Wdg., 0,30-mm-CuL (bifilar),
sekundär 64 Wdg., 0,75-mm-CuL.

Die Endstufentransistoren sind mit entsprechenden Kühlkörpern bzw. Kühlflächen zu versehen.
Für Heimrundfunkgeräte und für Autosuper benötigt man eine größere NF-Ausgangsleistung. Die Stromversorgung kann dann nicht mehr aus Trockenbatterien erfolgen, sondern es muß ein Netzteil bzw. der Autoakkumulator verwendet werden. Die in Bild 13.35 angegebene Schaltung hat eine Ausgangsleistung von etwa 2 W. Da die Eingangsschaltung niederohmig ist, muß man eine Impedanzwandlerstufe vorschalten. Mit den Einstellreglern werden die Ruheströme eingestellt. Für den Treiberübertrager wird ein Kern *M 42* benutzt, $w_1$ = 500 Wdg., 0,35-mm-CuL, und $w_2$ = 2 × 130 Wdg., 0,35-mm-CuL (bifilar gewickelt). Der Ausgangsübertrager hat einen Kern *EI 48* mit $w_1$ = 2 × 80 Wdg., 0,60-mm-CuL (bifilar gewickelt), und $w_2$ = 75 Wdg., 0,75-mm-CuL. Die Betriebsspannung ist 6 V, für die Endstufentransistoren sind Kühlbleche mit 25 cm² aus 2-mm-Alublech ausreichend.

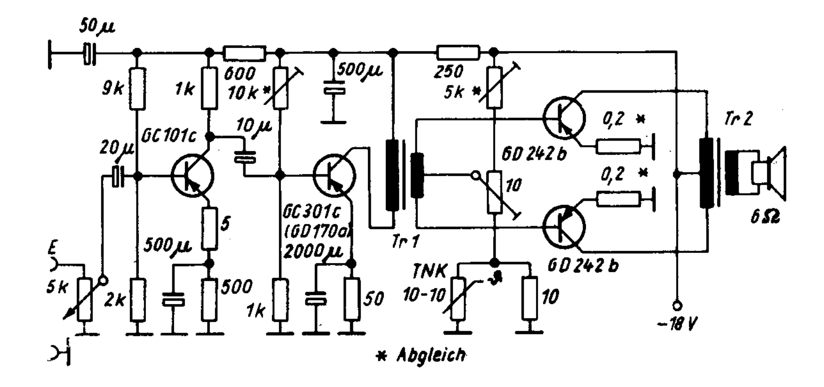



Bild 13.36
Transistor-Gegentaktverstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 10 W

Die Ausgangsleistung des in Bild 13.36 gezeigten Verstärkers ist etwa 10 W, so daß schon ein kleiner Saal damit beschallt werden kann. In der Endstufe verwendet man die 10-W-Transistoren der Typenreihe *GD 240/244*. Die Betriebsspannung ist 18 V, dimensioniert werden muß der Netzteil für eine Strombelastung von etwa 2,5 A. Die Endstufe wird an die Treiberstufe und an den Lautsprecher mit einem Übertrager angepaßt. Der Treiberübertrager Tr 1 enthält auf einem Kern *M 42* (mit Luftspalt) primär 1200 Wdg., 0,2-mm-CuL, und sekundär 2×200 Wdg., 0,3-mm-CuL (bifilar gewickelt). Für den Ausgangsübertrager Tr 2 gelten bei einem Kerntyp *M 74* (ohne Luftspalt) die Windungszahlen: primär 2×93 Wdg., 1,0-mm-CuL (bifilar gewickelt), und sekundär 100 Wdg., 1,3-mm-CuL. Soll dieser Verstärker als Modulationsverstärker für einen Amateurfunksender dienen, hat die Sekundärwicklung von Tr 2 1300 Wdg., 0,3-mm-CuL (Impedanz etwa 1 kΩ).
In der Treiberstufe ist es günstiger, den Transistor *GD 170* einzusetzen. Die Ruhestromwerte können mit den Einstellreglern abgeglichen werden. Für die Endstufentransistoren sind abgewinkelte Kühlbleche mit den Abmessungen 120 mm×120 mm× 2 mm vorzusehen. Da die Eingangsstufe niederohmig ist, muß bei hochohmigen Signalquellen eine Impedanzwandlerstufe vorgesehen werden.

## 13.7. Eisenlose NF-Endstufen

In der modernen Schaltungstechnik transistorisierter NF-Verstärker verwendet man heute fast ausschließlich eisenlose Endstufen bei Einsatz von vorwiegend Siliziumtransistoren. Das hängt damit zusammen, daß gute Übertragungseigenschaften (HiFi-Qualität) von den bisher vorhandenen Treiber- und Ausgangsübertragern begrenzt werden. Die einfach zu realisierende Schaltung einer eisenlosen Endstufe zeigt Bild 13.37. Es handelt sich um eine Komplementär-Endstufe, weil 2 Transistoren unterschiedlicher Leitfähigkeit eingesetzt werden (1 npn-Transistor, 1 pnp-Transistor). Der direkte Anschluß des niederohmigen Lautsprechers wird möglich, weil diese beiden Transistoren gleichstrommäßig in Reihenschaltung arbeiten, für Wechselstrom arbeiten sie parallel.
Bei der Dimensionierung ist zu berück-

sichtigen, daß für jeden Transistor nur die halbe Betriebsspannung $U_b$ als Kollektorspannung zur Verfügung steht, so daß größere Ströme erforderlich werden. Zwischen der Betriebsspannung $U_b$, dem Lastwiderstand $R_L$ und der Ausgangsleistung $P_a$ gibt es eine feste Beziehung; dadurch sind nicht alle Werte frei wählbar. Die Formel dafür lautet

$$U_b = \sqrt{8 \cdot P_a \cdot R_L}\,.$$

Man erhält die Spannung in V, wenn man die Leistung in W und den Widerstand in Ω einsetzt.

Der Vorteil komplementärer Transistoren besteht vor allem darin, daß keine Phasenumkehrstufe erforderlich ist. Infolge der unterschiedlichen Leitfähigkeit steuert jede Halbwelle die Gegentakt-Endstufe. Transistoren für Komplementärendstufen werden allerdings in der DDR nicht produziert.

Aber man kann die eisenlose Endstufe auch mit Transistoren der gleichen Leitfähigkeit realisieren. Bild 13.38 zeigt dafür das Prinzip. Der Transistor T 1 arbeitet als Treiberstufe und als Phasenumkehrstufe. In der Zeitschrift *radio, fernsehen, elektronik*, Heft 2 und 3/1969 sowie Heft 5 und 6/1970, hat *W. Besurjannis* ausführlich die Anwendung

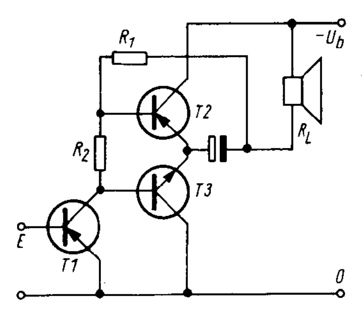



Bild 13.37
Prinzip der eisenlosen NF-Endstufe mit komplementären Transistoren

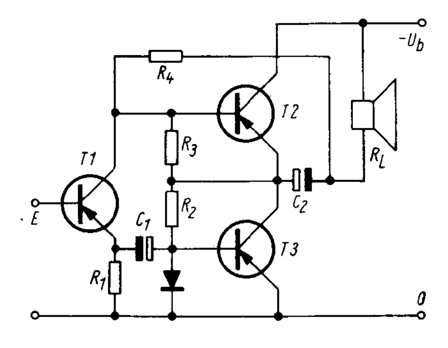



Bild 13.38
Prinzip der eisenlosen NF-Endstufe mit Transistoren gleicher Leitfähigkeit

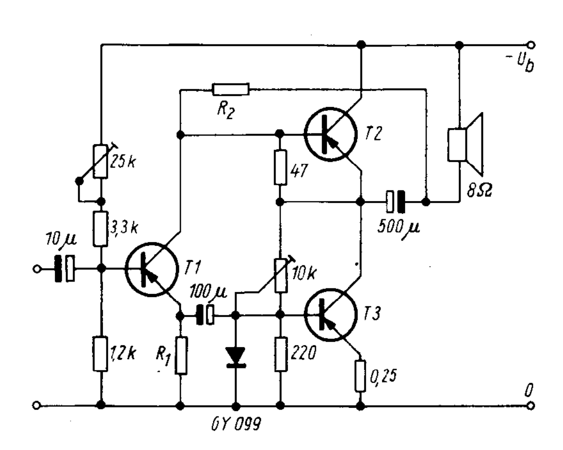



Bild 13.39
Schaltung einer eisenlosen NF-Endstufe für Batteriebetrieb (Ausgangsleistung s. Tabelle)

der Germanium-Leistungstransistoren unserer Produktion in eisenlosen Endstufen untersucht. Im Ergebnis entstanden eine Verstärkerversion für Batteriebetrieb (Bild 13.39) und eine für Netzbetrieb (Bild 13.40). Dargestellt sind jeweils nur die Treiberstufe und die Endstufe, in den angegebenen Heften findet der Leser die kompletten Schaltungen auch für die Vorstufen. Für diese Endstufen gibt es natürlich auch optimale Werte, jedoch sind keine Lautsprecher mit den dafür erforderlichen Impedanzwerten erhältlich. Deshalb sollen in den folgenden Tabellen nur die Werte für einen handelsüblichen Lautsprecher angegeben werden.

*Tabelle zu Bild 13.39*
($R_L = 8\,\Omega$)

| Transistor T 2/T 3 | $U_b$ V | $R_1$ Ω | $R_2$ Ω | Transistor T 1 | $I_C$/T 1 mA | $P_a$/Sinus mW |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 GC 121 | 3 | 160 | 82 | GC 116 | 6 | 25 |
| 2 GC 301 | 6 | 57 | 180 | GC 121 | 13 | 300 |
| 2 GC 301 | 9 | 50 | 160 | GC 121 | 20 | 850 |

Der Gesamtruhestrom des kompletten Verstärkers liegt bei 12/20/30 mA, der Gesamtstrom bei Vollaussteuerung bei 40/100/180 mA.

*Tabelle zu Bild 13.40*
($R_L = 6\,\Omega$)

| Transistor T 2/T 3 | $U_b$ V | $R_1$ Ω | $R_2$ Ω | Transistor T 1 | $I_C$/T 1 mA | $P_a$/Sinus W |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 GD 160 | 18 | 22 | 100 | GD 110 | 70 | 3 |
| 2 GD 170 | 26 | 22 | 120 | GD 120 | 85 | 7 |
| 2 GD 175 | 26 | 22 | 120 | GD 120 | 85 | 7 |
| 2 GD 180 | 26 | 22 | 120 | GD 120 | 85 | 7 |
| 2 GD 240 | 25 | 22 | 120 | GD 170 | 80 | 6,5 |
| 2 GD 241 | 35 | 22 | 160 | GD 175 | 100 | 11 |
| 2 GD 242 | 37 | 22 | 160 | GD 175 | 100 | 12 |
| 2 GD 243 | 37 | 22 | 160 | GD 175 | 100 | 12 |
| 2 GD 244 | 37 | 22 | 160 | GD 175 | 100 | 12 |

Die Endstufentransistoren sind mit entsprechenden Kühlflächen zu versehen, etwa 120 bis 150 cm², 2 mm starkes Alublech.
Es besteht auch die Möglichkeit, mit ausgesuchten pnp-Germaniumtransistoren (z. B. *GC 301*) und npn-Siliziumtransistoren

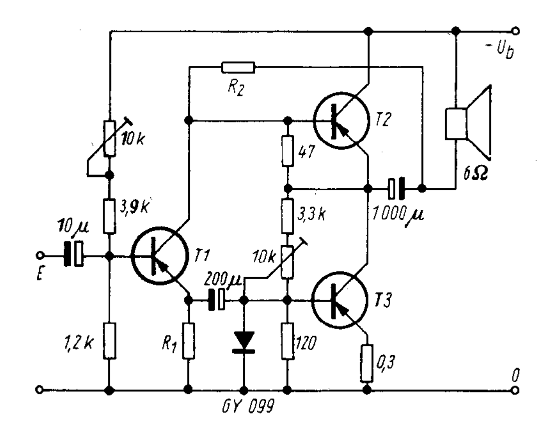



Bild 13.40
Schaltung einer eisenlosen NF-Endstufe für Netzbetrieb (Ausgangsleistung s. Tabelle)

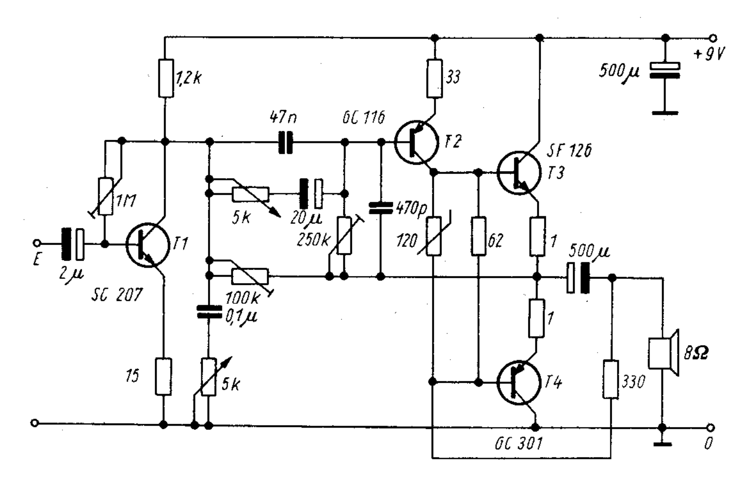



Bild 13.41
Transistorverstärker mit eisenloser Endstufe (750 mW) und komplementären Transistoren

(z. B. *SF 126*) eine Komplementärendstufe zu realisieren. Bild 13.41 zeigt ein Schaltungsbeispiel für einen eisenlosen NF-Verstärker mit komplementären Transistoren in der Endstufe (aus Halbleiterschaltungen, Kombinat VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt/Oder). Die abgegebene NF-Leistung ist etwa 750 mW bei einer Eingangsspannung von 10 mV. Die Transistoren T 3 und T 4 müssen als Pärchen ausgesucht werden. Die Bedingung dafür ist das Verhältnis der Stromverstärkungen $B_3/B_4 = 0{,}8$ bis 1,25 $U_{CE} = 4{,}5$ V/$I_C = 5$ mA und bei $U_{CE} =$ 1 V/$I_C = 100$ mA. Mit dem Trimmregler 250 kΩ wird der Ruhestrom auf etwa 15 mA eingestellt. Der Trimmregler 100 kΩ verändert die Gegenkopplung, während mit dem Trimmregler 1 MΩ die maximale Verstärkung eingestellt werden kann. Die Potentiometer 5 kΩ dienen zur Regelung der tiefen und hohen Frequenzen. Der Transistor T 4 erhält ein Kühlblech von 50 mm × 50 mm × 2 mm Alublech. Der Stromverstärkungsfaktor der verwendeten Transistoren soll wenigstens 60 betragen.

Langspielschallplatten (30 cm) werden heute fast ausschließlich für Stereowiedergabe produziert. Ebenso enthalten alle modernen Plattenspieler ein Stereo-Abtastsystem. Zur Stereowiedergabe benötigt man einen Stereo-NF-Verstärker mit 2 getrennten Lautsprecherboxen. Besitzt man diesen nicht, kann man Stereo-Schallplatten nur monofon (z. B. über einen Rundfunkempfänger) wiedergeben. Eine einwandfreie Stereowiedergabe mit einfachen Mitteln gestattet der vorgestellte Stereo-Kopfhörerverstärker in Verbindung mit einem Stereo-Mono-Hörer. Dieser Hörer wird unter der Bezeichnung *DK 66* von der PGH *Funktechnik* Leipzig hergestellt und im Fachhandel zum Preis von 52,– M angeboten. Bei der Anschaffung des *DK 66* sollte man sich gleich die passenden Gummimuscheln mitbesorgen.
Die Schaltung für einen Verstärkerkanal zeigt Bild 13.42. Die Eingangsstufe mit T 1 realisiert einen hochohmigen Eingangswiderstand, der wesentlich durch $R_1$ bestimmt wird. Damit ist der Verstärkereingang für die hochohmigen Kristall-Abtastsysteme angepaßt, die zu 90% in Plattenspielern vertreten sind. Da nur eine geringe Verstärkung erforderlich ist, genügt ein 2-

stufiger Verstärker. Die Endstufe arbeitet eisenlos mit den Transistoren T 2/T 3. Die Kopfhörerimpedanz beträgt 400 Ω, mehrere Kopfhörer können parallelgeschaltet werden. Bei 6 V Betriebsspannung hat der Stereoverstärker eine Stromaufnahme von etwa 7 mA, die bei 13,5 V bis auf etwa 20 mA ansteigt.

Um den Stereoverstärker möglichst einfach zu gestalten, wurde auf eine Tiefen- und Höhenregelung verzichtet. Mit dem Potentiometer $R_2$ erfolgt die Balanceregelung zwischen den beiden Verstärkerkanälen. Für die Lautstärkeregelung wurde eine Lösung gewählt, die das schwer erhältliche Tandempotentiometer vermeidet (Bild 13.43). Die Lautstärkeregelung erfolgt mit dem Potentiometer $R_{10}$, das als Vorwiderstand wirkt. Die Betriebsspannung am Verstärker kann dadurch zwischen 1 V und 13,5 V variiert werden. Bei Anwendung in Reihe geschalteter 1,5-V-Batterien lassen sich auch die Spannungsanzapfungen umschalten, so daß $R_{10}$ entfallen kann.

Der Stereoverstärker wurde in gedruckter Schaltung aufgebaut (Bild 13.44). Beide Verstärkerkanäle befinden sich symmetrisch auf der Platine mit den Abmessungen 85 mm × 50 mm. Den Bestückungsplan zeigt Bild 13.45. Die 4 Elektrolytkondensatoren auf der Platine sind Ausführungen mit weißem Plastebecher (stehend für gedruckte Schaltung). Die Leitungen zur 5poligen NF-Eingangsbuchse und zum Balanceregler $R_2$ müssen mit abgeschirmter NF-Leitung ausgeführt werden. Der Anschluß der Stromversorgung und der beiden Kopfhörerbuchsen (3polige Lautsprecherbuchse mit Schaltkontakt) kann mit Schaltdraht erfolgen. Bild 13.46 zeigt die fertiggestellte Platine. Zusammen mit der Stromversorgung (3 Flachbatterien 4,5 V in Reihenschaltung) kann man die Platine in einem flachen Gehäuse anordnen. An der Frontplatte befinden sich dann Lautstärkeregler, Balanceregler, die beiden Kopfhörerbuchsen und der Ein/Aus-Schalter. Die NF-Eingangsbuchse befestigt man an der Rückseite.

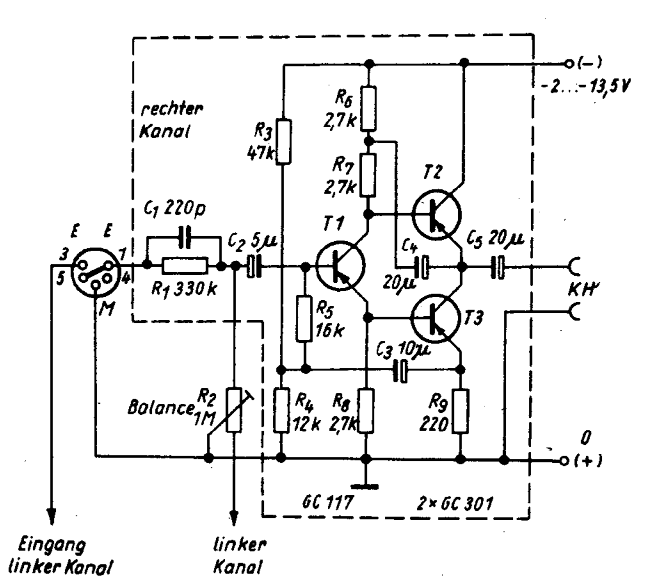



Bild 13.42
Schaltung des Stereo-Kopfhörerverstärkers (1 Kanal dargestellt)

Kanal rechts
Kanal links
-2...-13,5 V
-13,5 V
R10
10k
C6
500µ

Bild 13.43
Schaltung der Lautstärkeregelung, gemeinsam für beide Stereokanäle

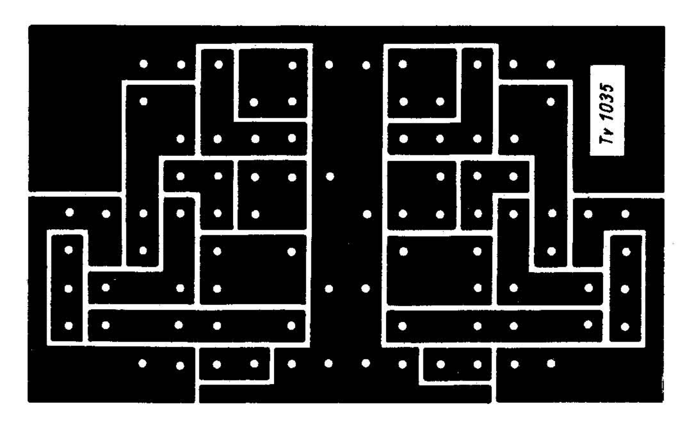



Bild 13.44
Skizze der Platine für den Stereo-Kopfhörerverstärker

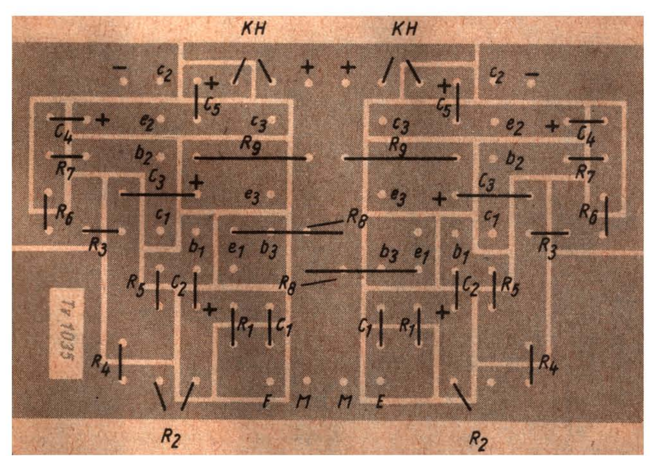



Bild 13.45
Bestückungsplan für die Platine des Stereo-Kopfhörerverstärkers

Für den Nachbau sind auch Transistoren aus dem Bastelsortiment geeignet, die Stromverstärkung muß größer als 50, der Transistor T 1 muß rauscharm sein. Will man Mono-Schallplatten abhören, so kann man beide Kopfhörerstecker an einen Ausgang anschließen (mit Stellung »200 Ω«). Günstiger ist es, für die Umschaltung *Mono/Stereo* einen 1poligen Schiebeschalter vorzusehen. Er verbindet in Stellung *Mono* an der NF-Eingangsbuchse die Kontakte 1 und 3 (abgeschirmte NF-Leitung verwen-

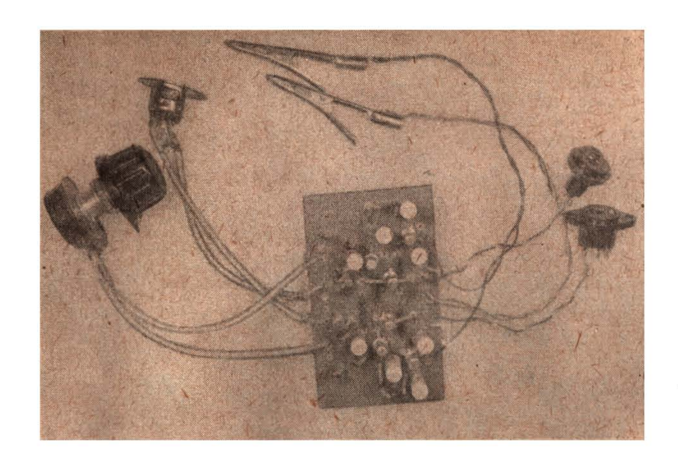


Bild 13.46
Ansicht der bestückten Platine des Stereo-Kopfhörerverstärkers

den). Damit werden die Eingänge der beiden Verstärkerkanäle parallelgeschaltet. Der offene Schalterkontakt kennzeichnet den Stereobetrieb.

Die Leiterplatte des Stereo-Kopfhörerverstärkers (ungelocht) kann unter der Bezeichnung *Tv 1035* zum Preis von 2,50 M bei *I. Borkmann*, 1195 Berlin, Erich-Lodemann-Straße 47, bezogen werden. Im Anhang des Buches ist eine Tabelle der außerdem lieferbaren Leiterplatten angegeben.

Der vielseitig einsetzbare eisenlose NF-Verstärker in Bild 13.47 ist speziell geeignet für Koffersuper sowie als Fono-Stereoverstärker kleiner Leistung (in doppelter Ausführung). Die eisenlose Endstufe liefert eine NF-Ausgangsleistung von maximal 500 mW. Der mechanische Aufbau erfolgt

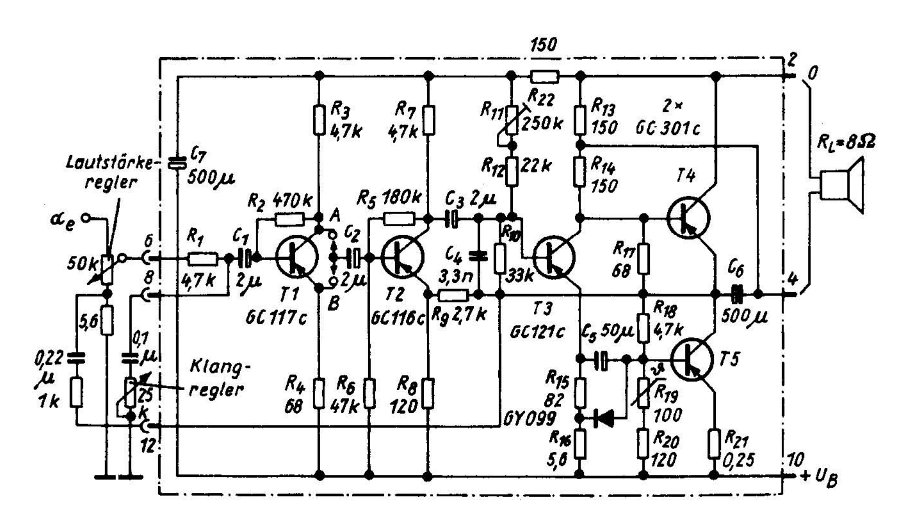



Bild 13.47
Vielseitig verwendbarer eisenloser NF-Verstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 500 mW

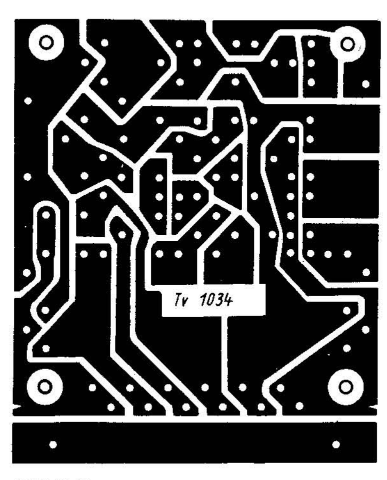



Bild 13.48
Skizze der Platine für den eisenlosen NF-Verstärker 500 mW

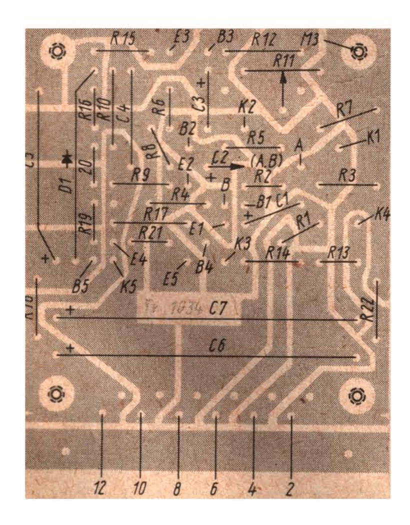



Bild 13.49
Bestückungsplan der Platine des eisenlosen NF-Verstärkers 500 mW

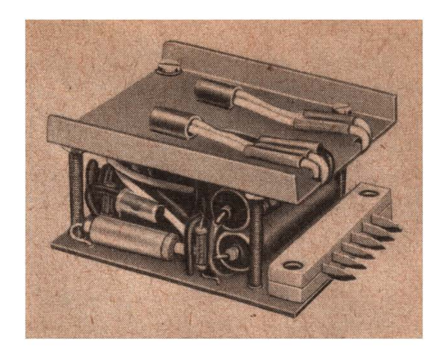


Bild 13.50
Ansicht des fertiggestellten eisenlosen NF-Verstärkers für eine Ausgangsleistung von etwa 500 mW

als Steckbaustein mit gedruckter Verdrahtung. Die verwendete Leiterplatte *Tv 1024* gestattet mehrere Schaltungsvarianten.

Der NF-Verstärker ist vollständig mit pnp-Germaniumtransistoren aufgebaut. Der Stromlaufplan entspricht etwa dem NF-Verstärker des Koffersupers *Stern-Camping*. Die Eingangsstufe kann entweder in Emitter- oder in Kollektorschaltung betrieben werden. Bei der Emitterschaltung (Eingangswiderstand niederohmig) wird der Minuspol von $C_2$ an den Punkt A angeschlossen ($R_3 = 4{,}7\ \text{k}\Omega$, $R_4 = 68\ \text{k}\Omega$). Bei der Kollektorschaltung (Eingangswiderstand hochohmig) werden der Minuspol von $C_2$ an den Punkt B angeschlossen, $R_3$ durch eine Drahtbrücke ersetzt und für $R_4$ ein Widerstandswert von $4{,}7\ \text{k}\Omega$ verwendet. Eine Lautstärkeregelung, eine Klangregelung sowie eine frequenzabhängige Gegenkopplung lassen sich von außen zuschalten (s. Bild 13.47).

Bei einer Betriebsspannung von 7,5 V ist der Ruhestrom des eisenlosen Verstärkers etwa 20 mA, bei Vollsaussteuerung steigt der Strom auf etwa 100 mA an. Der Frequenzübertragungsbereich umfaßt ohne Gegenkopplung 30 Hz bis 12 kHz. Bei der Emitterschaltung ergibt sich ein Eingangs-

widerstand von etwa 3 kΩ, bei der Kollektorschaltung ist .er etwa 200 kΩ. Die Abmessungen der Leiterplatte (Bild 13.48) sind 60 mm × 50 mm. Der Bestückungsplan der Leiterplatte ist in Bild 13.49 angegeben. Als Stecker wird eine 12polige *Zeibina*-Steckerleiste verwendet. Für die Endstufentransistoren ist ein Kühlblech von 30 $cm^2$ aus 2-mm-Alublech vorzusehen. Bild 13.50 zeigt den kompletten eisenlosen NF-Verstärker.

Als Bezugsquelle für die Leiterplatte *Tv 1024* gilt wieder die Anschrift *I. Borkmann*, 1195 Berlin, Erich-Lodemann-Straße 47. Der Stückpreis (ungelocht) ist 2,30 M.

# 14. Transistor-Empfängerschaltungen

## 14.1. Einfache Diodenempfänger

Die einfachste Empfängerschaltung ist der Detektorempfänger, der nur wenige Bauelemente benötigt und sich leicht aufbauen läßt. Allerdings sind die Empfangsergebnisse nur in der Nähe größerer Rundfunksender zufriedenstellend, da die Schaltung infolge Fehlens jeglicher Verstärkung sehr unempfindlich ist. Für den Empfang benötigt man eine gute Erdleitung und eine Hochantenne. Die Anwendung einer Ferritantenne empfiehlt sich bei der Detektorschaltung nicht. Hauptbestandteil des Detektorempfängers ist neben dem Schwingkreis zur Abstimmung auf den zu empfangenden Rundfunksender eine Germaniumdiode, die die empfangene Hochfrequenz gleichrichtet, damit man die Modulationsspannung erhält.

Bild 14.1 zeigt die Schaltung für einen erprobten Detektorempfänger. Der Schwingkreis besteht aus der Spule *L* und dem Drehkondensator *C*. Als Drehkondensator verwendet man bei Kleinempfängern meist einen flachen Hartpapierdrehkondensator, der eine Kapazität von etwa 500 pF hat. Damit wird die Abstimmung auf den Sender vorgenommen. Die Spule *L* besteht aus einem HF-Eisenkern, der eine Wicklung aus Kupferlackdraht trägt. Für den Mittelwellenbereich werden je nach HF-Eisenkerntyp etwa 60 bis 80 Windungen benötigt. Die Anzapfung liegt bei etwa einem Viertel der Windungszahl, vom erdseitigen Ende aus gerechnet. Durch die Anzapfung bedämpft die Germaniumdiode den Schwingkreis nicht so stark, wodurch sich die Trennschärfe des Detektorempfängers bessert. Jedoch ist die Lautstärke geringer. Soll eine maximale Lautstärke erzielt werden, allerdings bei geringerer Trennschärfe, so kann die Diode an das antennenseitige Ende des Schwingkreises angeschlossen werden, ebenso die Antenne. In der Schaltung nach Bild 14.1 wird die Antenne über einen Kondensator von etwa 100 pF ebenfalls an die Spulenanzapfung angeschlossen. Als Germaniumdiode fand der Typ *GA 100* Verwendung. Es kann allerdings auch jede andere Diode benutzt werden.

Am Widerstand von 10 kΩ entsteht die aus der Demodulation (Gleichrichtung) gewonnene Niederfrequenzspannung. Der Kondensator von 10 nF beseitigt etwaige HF-Überreste. Parallel dazu liegt der Anschluß für den Kopfhörer, mit dem man die empfangene Sendung abhört. Der Einbau des kleinen Detektorempfängers kann in eine Kunststoff-Seifendose erfolgen oder in ein ähnlich großes Gehäuse. Für die Anschlüsse

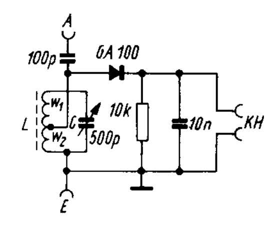



Bild 14.1
Schaltung für einen einfachen Detektorempfänger

von Antenne, Erde und Kopfhörer verwendet man entweder 2 Doppelbuchsen oder 4 Telefonbuchsen.

## 14.2. Diodenempfänger mit Verstärker

Eine Erhöhung der Lautstärke erhält man beim Detektorempfang, wenn eine oder mehrere Transistor-NF-Verstärkerstufen nachgeschaltet werden. Bild 14.2 zeigt eine Schaltung, bei der dem Detektor-Empfangsteil ein 1stufiger Transistorverstärker nachgeschaltet ist. Damit wird schon eine gute Lautstärke im Kopfhörer erreicht. Um die Schaltung einfach zu gestalten, arbeitet die Transistorstufe mit Parallelgegenkopplung. Es kann aber auch die Seriengegenkopplung mit Basisspannungsteiler und kapazitiv überbrücktem Emitterwiderstand angewendet werden. Die Steuerung des Transistors erfolgt an der Basis. Zur gleichstrommäßigen Trennung des Transistors von der Detektorschaltung dient der Elektrolytkondensator $C_4$. Im Kollektorkreis liegt der Kopfhörer, mit dem die verstärkte NF-Spannung abgehört wird. Die Impedanz des Kopfhörers sollte etwa 1000 Ω betragen, was man durch eine entsprechende Schaltung der Erregerspulen erreichen kann. Zur Stromversorgung nimmt man 1 Stabbatterie von 3 V oder 2 Gnomzellen von je 1,5 V. Auch der *IKA*-Kleinakkumulator von 2 V ist für diese Schaltung verwendbar. 2 Kleinakkumulatoren gewährleisten eine größere Lautstärke. Die Schaltung des kleinen Empfängers kann man bequem in einer Kunststoff-Seifendose unterbringen (s. Bild 14.3).

Eine andere Lösung für den Aufbau eines Transistorempfängers zeigt Bild 14.4. Der Empfänger wurde in eine Kunststoff-Spielkartenschachtel eingebaut. Als Hörer verwendete man einen dynamischen Kleinsthörer, wie er bei Schwerhörigengeräten benutzt wird. Für den Kleinsthörer (VEB *Funkwerk* Kölleda) gibt es auch eine Hörgabel, wie sie Bild 14.5 zeigt. Durch den akustischen Kurzschluß zwischen Schallsystem und Ohr wird eine wesentlich größere Lautstärke erreicht.

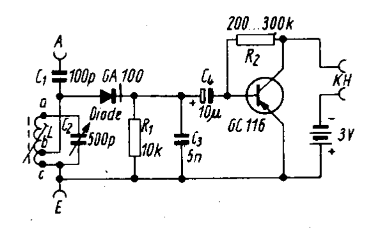



Bild 14.2
Detektorempfänger mit 1stufigem Transistorverstärker für Kopfhörerempfang

Für die Transistorstufe können bei Kopfhörerbetrieb alle NF-Vorstufentransistoren benutzt werden. Das sind die Typen *GC 100/GC 101* bis *GC 116/GC 121* des Kombinats VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder).

Mit einem 2stufigen Transistorverstärker ist die Empfangsschaltung nach Bild 14.6 versehen. Der Arbeitswiderstand des Detektorteiles wurde als Potentiometer zur Lautstärkeregelung ausgeführt. Am Schleifer des Potentiometers liegt ein Widerstand von 10 kΩ, der den Eingangswiderstand des Transistorverstärkers erhöht. Beide Stufen des Transistorverstärkers arbeiten mit Parallelgegenkopplung. Zur Stromversorgung dient eine Taschenlampen-Flachbatterie von 4,5 V. Wird der Verstärker mit einer Stabbatterie von 3 V betrieben, dann ist bei geschicktem Aufbau als Gehäuse sogar eine Kunststoff-Seifendose brauchbar.

In der Schaltung nach Bild 14.7 wurde noch eine leistungsstärkere Transistorstufe mit dem Transistor *GC 116* nachgesetzt, so daß Lautsprecherempfang in bescheidenem Rahmen möglich ist. Die Transistor-Endstufe arbeitet mit Seriengegenkopplung zur Sta-

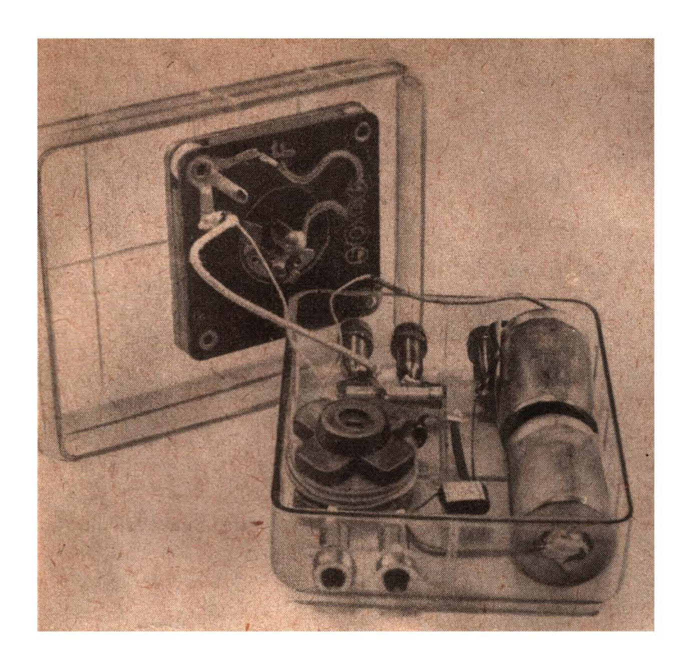


Bild 14.3
Der Transistorempfänger nach Bild 14.2 wurde in eine Kunststoff-Seifenschachtel eingebaut

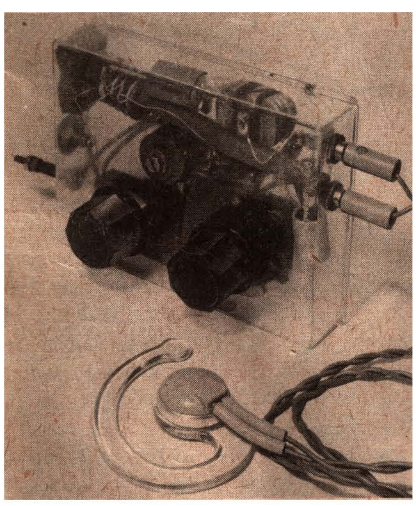


Bild 14.4
Einfacher Transistorempfänger in einer Spielkartenschachtel



Bild 14.5
Hörgabel für den Kleinsthörer des VEB *Funkwerk* Kölleda

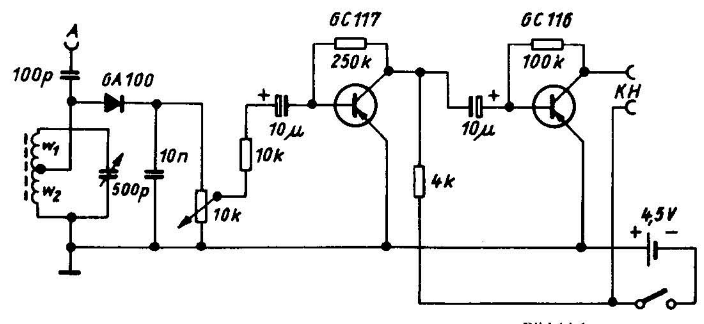



Bild 14.6
Detektorempfänger mit 2stufigem Transistorverstärker

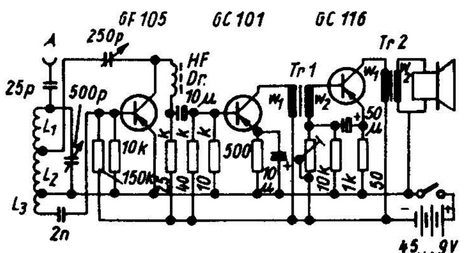



Bild 14.7
Detektorempfänger mit 2stufigem Transistor-NF-Verstärker und Transistor-Endstufe

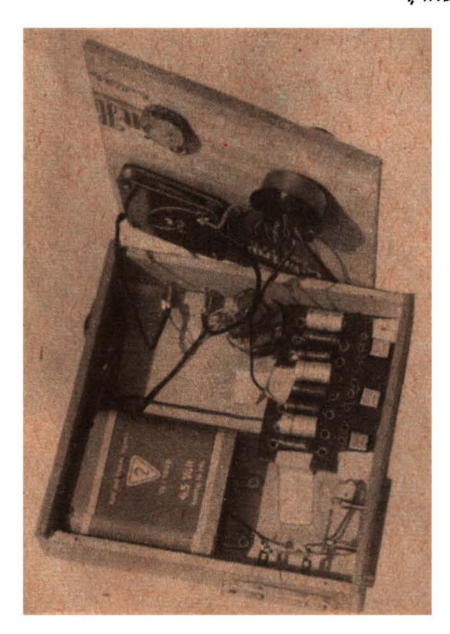
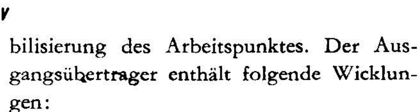


Bild 14.8
Detektorempfänger mit 3stufigem Transistorverstärker in einem flachen Holzgehäuse



bilisierung des Arbeitspunktes. Der Ausgangsübertrager enthält folgende Wicklungen:

primär 700 Wdg., 0,1-mm-CuL,
sekundär 80 Wdg., 0,2-mm-CuL,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Als Lautsprecher kann der *Sternchen*-Lautsprecher *LP 558* vom VEB *Elektrogerätebau* Leipzig (Durchmesser 65 mm, Einbautiefe 22 mm) oder der Kleinstlautsprecher *L 2257 P* des VEB *Funkwerk* Leipzig (Durchmesser 65 mm, Einbautiefe 48 mm) verwendet werden. Zur Stromversorgung empfiehlt sich die Anwendung von 1 oder 2 Flachbatterien von je 4,5 V. Bild 14.8 zeigt einen Detektorempfänger mit einem 3stufigen Transistor-NF-Verstärker für Kopfhörerbetrieb. Der Aufbau des Verstärkers erfolgte auf einer kleinen, mit Leukoplast im Gehäuse befestigten Pertinaxplatte.

## 14.3. Das Transistor-Audion

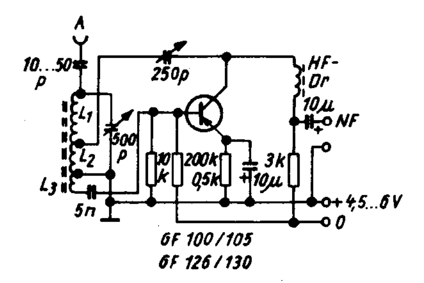



Bild 14.9
Schaltung für ein erprobtes Transistor-Audion

Eine wesentliche Verbesserung der Empfangsleistungen eines kleinen Transistorempfängers erreicht man, wenn an Stelle der Detektorschaltung im Eingang eine Audionschaltung verwendet wird. Durch die Rückführung eines Teiles der HF-Spannung vom Kollektorkreis in den Basiskreis erhöht sich die Empfindlichkeit und die Trennschärfe. Den Vorgang der Rückführung eines Teiles der HF-Spannung bezeichnet man als Rückkopplung. Diese Rückkopplung wird regelbar ausgeführt, damit man eine Regelung bis kurz vor den Schwingungseinsatz durchführen kann. Das gestattet maximale Empfangsergebnisse. Für die Ausführung der Rückkopplungsregelung ergeben sich mehrere Möglichkeiten, wie sie die folgenden Schaltungen zeigen. Durch die höhere Eingangsempfindlichkeit ist es auch gerechtfertigt, daß man für den Aufbau der Schwingkreisspule einen Ferritstab verwendet, der gleichzeitig als richtungsempfindliche Antenne wirkt. Dadurch wird der kleine Transistorempfänger unabhängig von einer Außenantenne und einem Erdanschluß.

Bild 14.9 zeigt eine Transistor-Audionschaltung, bei der die Rückkopplungsregelung durch einen Drehkondensator von 250 pF erfolgt. Über den Rückkopplungsdrehkondensator wird ein Teil der am Kollektor vorhandenen HF-Restspannung an eine Anzapfung der Schwingkreisspule zurückgeführt.

Der Audiontransistor arbeitet in Emitterschaltung. Da die HF-Spannung aus dem Kollektorkreis zurückgeführt werden muß, ist in dieser Stufe ein HF-Transistor zu verwenden. Das Kombinat VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) liefert u. a. die HF-Transistoren *GF 100*, *GF 105*, *GF 126* und *GF 130*. Während im Mittelwellenbereich die Transistoren *GF 100* und *GF 105* einwandfrei arbeiten, reicht bei den Transistoren *GF 126* und *GF 130* die Grenzfrequenz bis in den KW-Bereich.

Die Schwingkreisspule wickelt man isoliert auf einen Ferritstab, wobei je nach der Länge und der Kernkonstante etwa 40 bis 60 Windungen HF-Litze für den Mittelwellenbereich bei einem Abstimmdrehkondensator von 500 pF erforderlich sind. Auf jeden Fall muß die Schwingkreisspule im Mittelwellenbereich eine Induktivität von etwa 200 µH haben. Die Wicklungen teilen sich etwa wie folgt auf:

$L_1$ etwa 30 bis 45 Wdg.,
$L_2$ etwa 10 bis 15 Wdg.

Die Wicklung $L_3$ dient zur Ankopplung des Schwingkreises an den Basisanschluß des Transistors und soll etwa 5 bis 10 Windungen haben. Diese besondere Ankopplungswicklung wird erforderlich, weil der Schwingkreiswiderstand je nach der Güte sehr groß, der Eingangswiderstand des Transistors dagegen klein ist. Bei direkter Ankopplung würde eine starke Bedämpfung des Schwingkreises auftreten, so daß die Trennschärfe zu gering wird. Über einen kleinen Kondensator ist der Anschluß einer Außenantenne möglich. Dadurch läßt sich eine größere Lautstärke erreichen. Die Antenne kann allerdings auch induktiv ange-

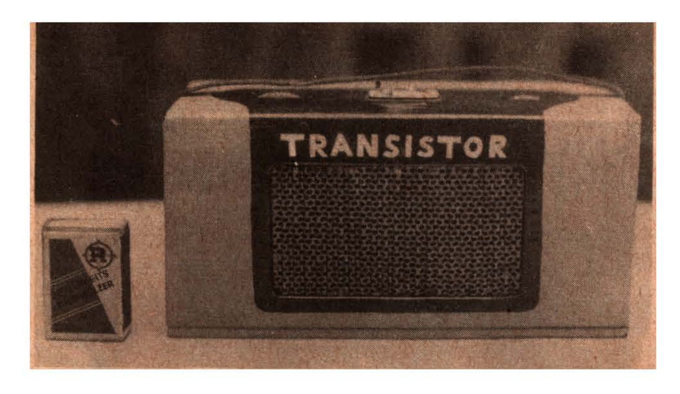



Bild 14.10
Vorderansicht eines Selbstbau-Transistorempfängers *(A. Hertsch)*

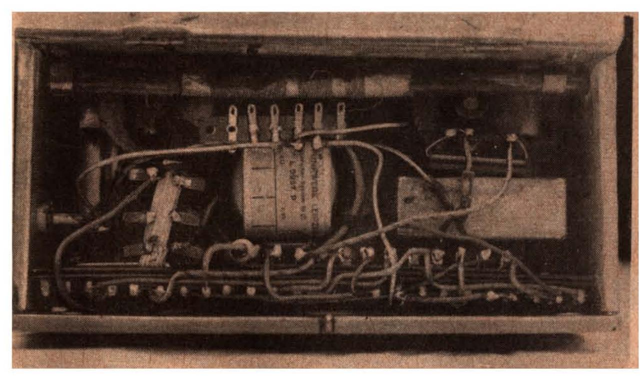


Bild 14.11
Blick in das Gehäuse eines Selbstbau-Transistorempfängers *(A. Hertsch)*

koppelt werden. Dazu muß man auf dem Ferritstab eine besondere Wicklung anbringen.

Der Transistor ist durch die Seriengegenkopplung gleichstrommäßig stabilisiert. Benutzt werden ein Basisspannungsteiler und ein kapazitiv überbrückter Emitterwiderstand. Am Kollektorwiderstand von 3 kΩ entsteht die aus der Demodulation gewonnene Niederfrequenzspannung, die über den Elektrolytkondensator von 10 µF einem nachfolgenden NF-Verstärker zugeführt wird. Als Betriebsspannungen genügen 4,5 bis 9 V. Die HF-Drossel verhindert einen Kurzschluß der am Kollektor anliegenden HF-Restspannung, die man zur Rückkopplung ausnutzt. Als Drossel verwendet man einen mit dünnem Kupferlackdraht vollgewickelten HF-Spulenkörper.

Dem Transistoraudion kann je nach Verwendungszweck ein mehrstufiger Transistor-NF-Verstärker für Kopfhörer- oder Lautsprecherbetrieb nachgeschaltet werden. Bild 14.10 und Bild 14.11 zeigen einen selbstgebauten Transistor-Audionempfänger *(A. Hertsch)*, der über gute Empfindlichkeit und Lautstärke verfügt. (Geeignete Verstärkerschaltungen s. Abschn. 13.)

Bei der Schaltung nach Bild 14.12 erfolgt die Rückkopplung durch einen festen Kondensator von 25 pF. Die Rückkopplungsregelung geschieht mittels Potentiometers im Emitter des HF-Transistors *GF 105*. Dadurch wird die Arbeitssteilheit des Transi-

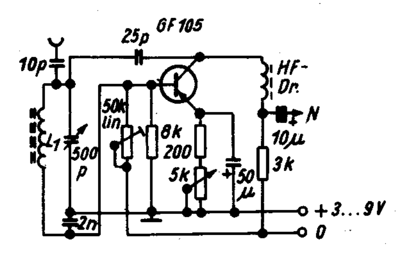



Bild 14.12
Transistor-Audionschaltung mit Rückkopplungsregelung im Emitterkreis

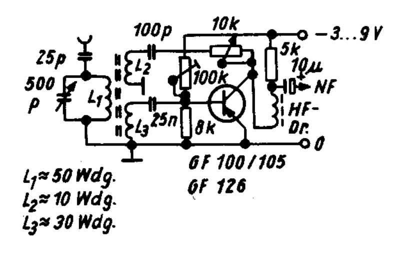



Bild 14.13
Transistor-Audionschaltung mit Rückkopplungsregelung durch Dämpfung der Rückkopplungsspule

stors verändert. Der Basisspannungsteiler kann mit dem Potentiometer von 50 kΩ auf geringes Rauschen der Transistorstufe eingestellt werden. Die Schwingkreisspule von etwa 40 bis 60 Windungen auf dem Ferritstab hat keine Anzapfungen. Die Anpassung an den niederohmigen Transistoreingang erfolgt durch eine kapazitive Spannungsteilung mit dem Drehkondensator von 500 pF und dem Kondensator von 2 nF. Für das Rückkopplungspotentiometer nimmt man eine Kleinstausführung.

In der Schaltung nach Bild 14.13 wird für die Rückkopplung eine besondere Spulenwicklung verwendet. Die Regelung der Rückkopplung erfolgt durch ein Potentiometer von 10 kΩ, das die Wirkung der Rückkopplung mehr oder weniger unterdrückt. Als Transistor ist ein HF-Typ geeignet. Der Basisspannungsteiler kann mit dem Trimmpotentiometer von 100 kΩ eingestellt werden. Am Kollektor-Arbeitswiderstand von 5 kΩ erhält man die NF-Spannung, die über einen Kleinstelektrolytkondensator von 10 µF ausgekoppelt und einem Transistor-NF-Verstärker zugeführt wird. Je nach dem verwendeten Ferritstab ergeben sich folgende Windungszahlen:

$L_1$ etwa 50 Wdg.,
$L_2$ etwa 30 Wdg.,
$L_3$ etwa 10 Wdg.

Für die Wicklungen wird HF-Litze 20 × 0,07 mm benutzt. Die Betriebsspannung kann 3 bis 9 V betragen.

Die Schaltung in Bild 14.14 stellt einen 3stufigen Transistorempfänger dar mit den Transistoren *GF 105*, *GC 101* und *GC 116*. Der Transistor *GF 105*, für den auch ein Transistor *GF 126* bzw. *GF 130* verwendet werden kann, arbeitet in der Audionschaltung. Der Schwingkreis besteht aus einer auf einer Ferritantenne aufgebrachten Spule $L_1$ bis $L_3$ und dem Abstimm-Drehkondensator (Hartpapierausführung = Quetscher) von 500 pF. Die Spule hat 2 Abgriffe, einen für

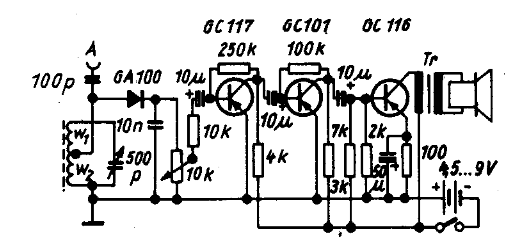



Bild 14.14
Schaltung für einen 3stufigen Transistor-Audionempfänger

die Rückkopplung und einen für die Ankopplung des Schwingkreises an die Basis des Audion-Transistors. Mit dem Drehkondensator von 250 pF ist die Rückkopplung kapazitiv abzustimmen. Für diesen Drehkondensator wird ebenfalls eine Hartpapierausführung genommen.

Der Audion-Transistor arbeitet in der Emitterschaltung. Die Basis des Transistors erhält eine feste Vorspannung durch den Spannungsteiler 10 kΩ/150 kΩ. Im Kollektorkreis liegt der Arbeitswiderstand von 2,5 kΩ, an dem die von dem empfangenen Sender erhaltene Niederfrequenzspannung abfällt. Über einen Kleinst-Elektrolytkondensator von 10 μF/8 V ist die NF-Vorstufe mit dem Transistor *GC 101* angeschlossen. In dieser Stufe können auch die Transistoren *GC 100*, *GF 100* und *GF 105* verwendet werden. Die Stufe arbeitet ebenfalls in der Emitterschaltung, und die Basisvorspannung wird durch einen Spannungsteiler hergestellt. Im Emitterkreis liegt ähnlich wie in der Katode einer Verstärkerröhre eine *RC*-Kombination, im Kollektorkreis die Primärseite eines Anpassungsübertragers, da der nachfolgende Transistor über diesen angekoppelt wird. Die Transformatorkopplung hat sich bei Transistorschaltungen bewährt, weil sich damit der große Ausgangswiderstand und der kleine Eingangswiderstand des nachfolgenden Transistors gut anpassen lassen.

An die Sekundärwicklung des Übertragers ist die Basis des Endstufentransistors angeschlossen. Die Basisvorspannung wird durch den Spannungsteiler 1 kΩ/10 kΩ eingestellt. Die Endstufe ist mit dem Transistor *GC 116* bestückt, verwendet werden kann auch der Transistor *GC 121*. Im Kollektorkreis liegt der Ausgangsübertrager Tr 2, an dessen Sekundärseite der Lautsprecher angeschlossen wird. Als Lautsprecher sollte man den kleinen *Sternchen*-Lautsprecher oder den Lautsprecher aus dem Kofferempfänger *Sylva* nehmen. Für die Widerstände genügen solche mit einer Belastbarkeit von $^1/_{10}$ W. Als Stromquellen können 1 oder 2 Taschenlampen-Flachbatterien von 4,5 V dienen.

Bei 2 Batterien (in Reihenschaltung 9 V) wird eine größere Lautstärke erreicht, daher ist diesen der Vorzug zu geben. Für den Aufbau des Gehäuses bestehen vielerlei Möglichkeiten. Da mag jeder einzelne seine Phantasie walten lassen. Wenn das gesamte Material zusammengetragen ist, ordnet man es dem Schaltbild entsprechend an und bestimmt die ungefähre Größe des Gehäuses. Die einzelnen Bauelemente werden auf eine Pertinaxplatte gesetzt, die Anschlußfahnen bzw. -drähte durch kleine Bohrungen hindurchgeführt und auf der Rückseite verdrahtet.

Für einen Ferritstab mit einem Durchmesser von 8 bis 10 mm und einer Stablänge von 100 bis 200 mm ergeben sich folgende Windungszahlen:

$L_1$ etwa 45 Wdg.,
$L_2$ etwa 15 Wdg.,
$L_3$ etwa 10 Wdg.

Für die Wicklung verwendet man HF-Litze 20 × 0,07 mm. Die Transformatoren werden mit Kernpaketen *M 30* hergestellt.

*Zwischenübertrager Tr 1*

$w_1$ = 2000 Wdg., 0,1-mm-CuL,
$w_2$ = 500 Wdg., 0,2-mm-CuL,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

*Ausgangsübertrager Tr 2*

$w_1$ = 500 Wdg., 0,2-mm-CuL,
$w_2$ = 85 Wdg., 0,3-mm-CuL,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Die Schaltung einer Audionstufe mit einem MOSFET-Transistor (Bild 14.15) ist dem Röhrenaudion fast identisch. Das hängt zusammen mit dem sehr hohen Eingangswiderstand des MOSFET-Transistors. Die Gate-

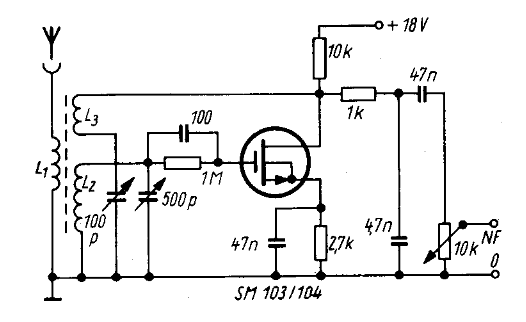



Bild 14.15
Audionschaltung mit MOSFET-Transistor

Source-Spannung zur Einstellung des Arbeitspunktes wird durch den Widerstand 2,7 kΩ an der Source-Elektrode gewonnen. An der Drain-Elektrode erhält man nach einem Siebglied (1 kΩ/4,7 nF) die demodulierte NF-Spannung. Die Spule des HF-Kreises enthält die Wicklungen $L_1$ (Antennenspule), $L_2$ (Schwingkreisspule) und $L_3$ (Rückkopplungsspule). Die Rückkopplung zur Verbesserung der Empfangsleistung wird mit dem Drehkondensator 100 pF variiert. Verwendet man als Spulenkörper eine Steckspule (Röhrenfuß mit aufgeklebtem Plasterohr 30 mm Durchmesser), so läßt sich ein einfacher Empfangsbereichswechsel realisieren.

| Empfangsbereich MHz | $L_1$ Wdg. | $L_2$ Wdg. | $L_3$ Wdg. |
|---|---|---|---|
| 0,5 ... 1,6 | 15 | 100 | 40 ... 60 |
| 1,6 ... 4,8 | 11 | 38 | 20 ... 35 |
| 4,0 ... 12 | 5 | 13 | 9 ... 15 |
| 10 ... 30 | 1 | 5 | 4 ... 6 |

Als Spulendraht wird 0,5-mm-CuLS verwendet.

## 14.4. Reflexschaltungen

Da Transistorschaltungen sehr niederohmig sind, bereitet die Anwendung von Reflexschaltungen keine besonderen Schwierigkeiten. Bei Reflexschaltungen wird das Verstärker-Bauelement, also eine Elektronenröhre oder 1 Transistor, 2mal zur Verstärkung von Wechselspannungen ausgenutzt. Das ist aber nur möglich, wenn die Frequenzen der beiden zu verstärkenden Wechselspannungen sehr weit auseinander liegen. Bei benachbarten Frequenzen würde eine Selbsterregung der Schaltung erfolgen. Deshalb wird in der praktischen Anwendung meist eine HF- und eine NF-Spannung gleichzeitig verstärkt. Bei Empfängerschaltungen spart man dadurch 1 oder 2 Verstärkerbauelemente ein oder erzielt eine größere Gesamtverstärkung.

Eine Empfängerschaltung mit 2 Transistoren zeigt Bild 14.16. Der Transistor *GF 105* arbeitet in Reflexschaltung für die HF-Eingangsspannung und die durch die Demodulation erzeugte NF-Spannung. Aus diesem Grund kann auch der Transistor *GF 105* nicht als Audion betrieben werden, sondern muß als HF-Verstärker arbeiten. Die Ankopplung der HF-Spannung an die Basis des Transistors erfolgt über eine Kopplungswicklung am Schwingkreis und den Kondensator von 5 nF. Die HF-Drossel verhindert ein Abfließen der HF-Spannung nach Masse über den Zuführungspunkt der NF-Spannung. Ein Teil davon wird über einen Kondensator von 50 bis 100 pF zur Rückkopplung an eine Anzapfung der Schwingkreisspule zurückgeführt. Die Rückkopplungsregelung erfolgt durch die Änderung der Basisvorspannung mit dem Potentiometer von 10 kΩ. Die HF-Drossel am Kollektor des HF-Transistors versperrt der HF-Spannung den Weg zum NF-Verstärker. Über einen Kondensator von 2 nF führt man die HF-Spannung den 2 Germaniumdioden

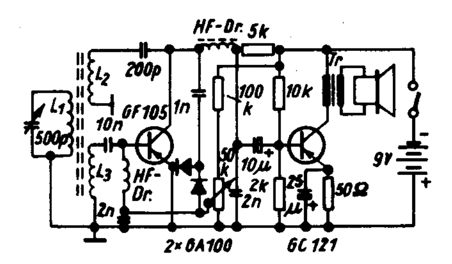



Bild 14.16
Transistor-Empfängerschaltung mit Reflexschaltung des 1. Transistors und Übertragskopplung

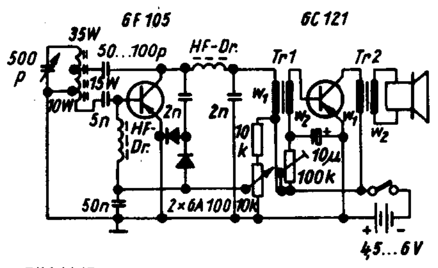



Bild 14.17
Transistor-Empfängerschaltung mit Reflexstufe

in Gegentaktschaltung zu, die zur Demodulation dienen. Die durch die Demodulation erhaltene NF-Spannung kommt dann an die Basis des HF-Transistors. Die verstärkte NF-Spannung wird über einen Zwischenübertrager an die Transistor-Endstufe gekoppelt. Diese arbeitet ohne Gegenkopplung; durch das Potentiometer kann der Kollektorstrom eingestellt werden. Mit einem Zwischenübertrager läßt sich auf einfache Weise eine gute Anpassung der beiden Transistorstufen erzielen. Bei einem Kern *M 30* ergeben sich folgende Windungszahlen:

*Zwischenübertrager Tr 1*

$w_1$ = 2000 Wdg., 0,1-mm-CuL,
$w_2$ = 500 Wdg., 0,2-mm-CuL,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

*Ausgangsübertrager Tr 2*

$w_1$ = 500 Wdg., 0,2-mm-CuL,
$w_2$ = 85 Wdg., 0,3-mm-CuL,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Die Betriebsspannung beträgt 4,5 bis 9 V und kann durch 1 oder 2 Flachbatterien verwirklicht werden. Der Einbau erfolgt in ein entsprechend gestaltetes Gehäuse.
Bild 14.17 zeigt eine Reflex-Empfangsschaltung, bei der die Zwischenübertragerkopplung durch eine *RC*-Kopplung ersetzt wurde. Als Kollektor-Arbeitswiderstand dient der Widerstand von 5 kΩ. Der Ausgangsübertrager entspricht dem der Schaltung nach Bild 14.15. Für die Schwingkreisspule mit Ferritstab gelten folgende Windungszahlen:

$L_1$ etwa 50 Wdg.,
HF-Litze 20 × 0,07 mm,
$L_2$ etwa 10 Wdg., 1-mm-CuL,
$L_3$ etwa 6 Wdg., 1-mm-CuL.

Wenn man die Schaltung in einem Kleinstempfänger verwirklichen will, ist manchmal der zur Verfügung stehende Ferritstab zu lang, z. B. 200 mm. Deshalb muß man den Stab teilen. So lassen sich zur Empfangsverbesserung 2 Ferritstäbe von 100 mm Länge nebeneinander verwenden. Allerdings muß der Zusammenbau isoliert durchgeführt werden. Das erreicht man mit Prenaband, das um einen Ferritstab gewickelt wird. Die Teilung des Ferritstabes kann man nicht durch Brechen erreichen, da das Material splittert. Auf eine elegante Art läßt sich der Ferritstab trennen, wenn man an der vorgesehenen Trennstelle mit einem weichen Bleistift einen Graphitring anbringt. Dann steckt man 2 mit Bananensteckern versehene Prüfschnüre in eine Steckdose mit 220 V und hält die beiden anderen Bananenstecker gegenüberliegend kurz an den angezeichneten Graphitring. Meist zerspringt dann der Ferritstab an

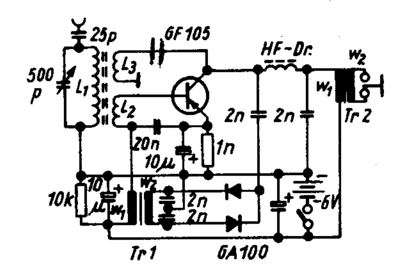



Bild 14.18
Eintransistor-Reflexschaltung für Kleinstempfänger

dieser Stelle mit sauberen Trennflächen, ohne daß die Netzsicherung durchschlägt.
Eine 1-Transistor-Reflexschaltung mit dem HF-Transistor *GF 105* zeigt Bild 14.18. Der Transistor arbeitet als HF-Verstärker und nach der Demodulation nochmals als NF-Verstärker. Die Einkopplung der NF-Spannung erfolgt über einen Übertrager Tr 1, für den der Kleinstübertrager *5 k 10* des VEB *Funkwerk* Leipzig vorgesehen werden kann. Für den Selbstbau dieses Übertragers dient ein Kern *M 30*.

*Zwischenübertrager Tr 1*

$w_1$ = 500 Wdg., 0,1-mm-CuL,
$w_2$ = 2500 Wdg., 0,1-mm-CuL,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Der Ausgangsübertrager Tr 2 ist gedacht zum Anschluß eines niederohmigen Kleinsthörers mit Hörgabel. Auch dafür kann der Typ *5 k 10* verwendet werden. Für den Selbstbau seien folgende Daten angegeben:

$w_1$ = 2000 Wdg., 0,1-mm-CuL,
$w_2$ = 400 Wdg., 0,1-mm-CuL,
*M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Die Rückkopplung erfolgt durch die Spule $L_3$. Sie enthält so viel Windungen, bis sich die Rückkopplung kurz vor dem Schwingungseinsatz befindet. Der Wicklungssinn ist dem von Spule $L_1$ entgegengesetzt. Für einen Ferritstab von 8 mm Durchmesser und 100 mm Länge gelten etwa folgende Windungszahlen:

$L_1$ etwa 70 Wdg.,
HF-Litze 20 × 0,07 mm,
$L_2$ etwa 6 Wdg., 0,5-mm-CuL,
$L_3$ bis vor Schwingungseinsatz,
0,5-mm-CuL.

Die HF-Drossel besteht aus einem mit dünnem Kupferlackdraht vollgewickelten HF-Spulenkern. Als Betriebsspannung genügen 6 V, die man von 2 Stabbatterien erhält.

## 14.5. HF-Verstärker mit Diodendemodulator

Für den Anfänger ist mitunter die Reflexschaltung zu kompliziert. Er kommt daher oft besser zu guten Empfangsleistungen seines Gerätes, wenn der HF-Transistor nur als HF-Verstärker arbeitet. Nach der HF-Verstärkung wird die Demodulation mit einer Germanium-HF-Diode vorgenommen. Eine geeignete Schaltung zeigt Bild 14.19. Die mittels Schwingkreises abgestimmte Senderfrequenz wird über eine Koppelwicklung an die Basis des HF-Transistors übertragen. Als Arbeitswiderstand im Kollektorkreis dient die Primärwicklung des HF-Übertragers $L_2$. An der Sekundärwicklung liegt die Demodulatorschaltung. Über das Potentiometer wird die erhaltene NF-Spannung regelbar dem nachfolgenden Transistor-NF-Verstärker zugeführt. Die Widerstände an der Basis und am Emitter bewirken die Stabilisierung des Arbeitspunktes des HF-Transistors, den man mit dem Einstellregler 100 kΩ einstellt. Für die HF-Spulen ergeben sich folgende Windungszahlen:
Schwingkreisspule $L_1$: $w_1$ = 50 Wdg., HF-Litze 10 × 0,07 mm, auf Ferritstab 10 mm Durchmesser, 160 mm lang; $w_2$ = 5 Wdg.,

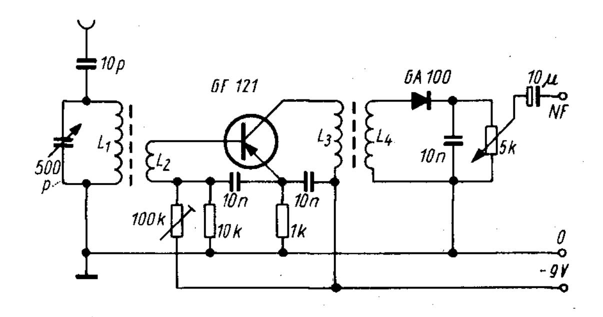


Bild 14.19
HF-Verstärkerstufe mit Diodendemodulator

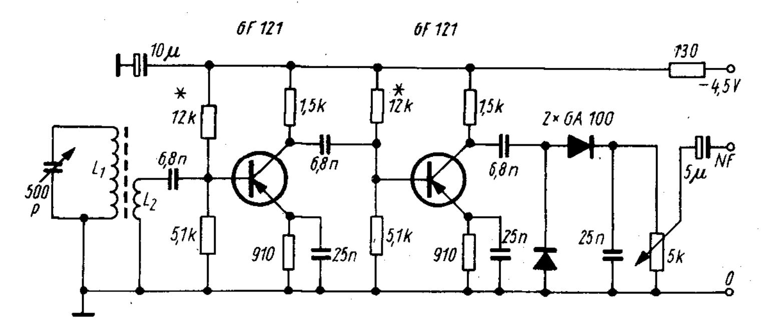


Bild 14.20
2stufiger HF-Verstärker mit Diodendemodulator

0,3-mm-CuLS, neben oder über $w_1$ gewickelt. HF-Übertrager $L_2$: $w_1 = 150$ Wdg., 0,1-mm-CuL; $w_2$ etwa 70 Wdg., 0,1-mm-CuL; beide Wicklungen übereinander auf 3-Kammer-Trolitulspulenkörper mit HF-Abgleicheisenkern oder Spule mit Ferritschalenkern.

Die Schaltung des HF-Verstärkers kann auch 2stufig aufgebaut werden, wobei man die *RC*-Kopplung anwenden kann. Ein Beispiel zeigt Bild 14.20. Verwendet werden 2 Germanium-HF-Transistoren, mit den oberen Widerständen der Basisspannungsteiler wird jeweils ein Kollektorstrom von etwa 1 mA eingestellt. Der HF-Demodulator arbeitet mit 2 Germanium-HF-Dioden in Gegentaktschaltung. Am Lautstärkeregler 5 kΩ steht die demodulierte NF-Spannung zur weiteren Verstärkung zur Verfügung. Die Spulendaten für den Mittelwellenbereich kann man dem Text zu Bild 14.19 entnehmen. Der Vorteil der Schaltung nach Bild 14.20 besteht darin, daß durch die größere HF-Verstärkung auch der Empfang entfernterer Mittelwellensender möglich wird.

Die Verstärkung des *RC*-gekoppelten HF-Verstärkers ist allerdings nicht optimal. Günstiger werden die Verstärkungswerte, wenn man als Kollektorwiderstand des 1. Transistors eine Induktivität $L_3$ vorsieht, deren Resonanzfrequenz im Mittelwellenbereich liegt (Bild 14.21). Mit der Koppelspule $L_4$ wird die folgende Transistorstufe angepaßt. Die 2. Transistorstufe arbeitet in Reflexschaltung, da sie neben der HF-Spannung nach der Demodulation auch die NF-Spannung verstärkt. Diese NF-Spannung wird über den Elektrolytkondensator 10 µF und den Widerstand 3,3 kΩ der Basiselektrode des 2. Transistors zugeführt. Im Kol-

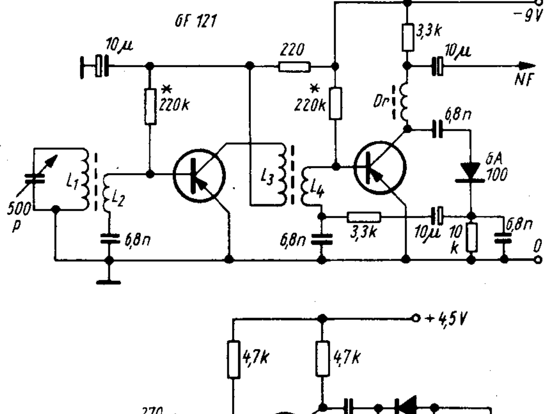



Bild 14.21
2stufiger HF-Verstärker mit Reflexstufe und Diodendemodulator

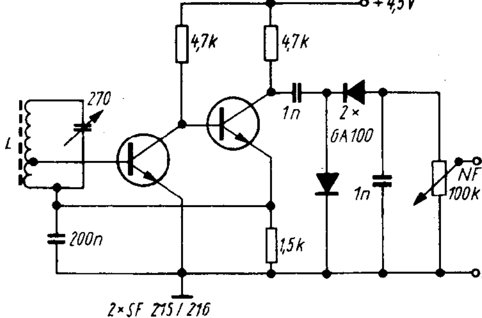



Bild 14.22
2stufiger HF-Verstärker mit Siliziumbestückung und Diodendemodulator

lektorkreis wirken als Arbeitswiderstände die HF-Drossel Dr bei der HF-Verstärkung und der Widerstand 3,3 kΩ bei der NF-Verstärkung. Mit den Basisvorwiderständen wird jeweils ein Kollektorstrom von etwa 1 mA eingestellt.
Für die Schwingkreisspulen $L_1/L_2$ gelten die Angaben im Text zu Bild 14.19. Auf einen HF-Spulenkörper mit Abgleichkern wickelt man für $L_3$ etwa 180 bis 200 Wdg., 0,1-mm-CuL, und für $L_4$ etwa 15 bis 20 Wdg., 0,1-mm-CuL. Die HF-Drossel Dr besteht aus ungefähr 200 Wdg., 0,1-mm-CuL, auf einem HF-Eisenkern. Für beide Induktivitäten sind geschlossene Topfkerne oder Ringkerne besonders geeignet, da dann das Streufeld gering ist, und kaum Rückkopplungen mit $L_1/L_2$ auftreten. Sollte sich durch ungünstigen Aufbau die Schaltung selbsterregen, so sind $L_3/L_4$ und Dr mit je einer Abschirmkappe zu versehen.
Bild 14.22 zeigt die Schaltung eines 2stufigen HF-Verstärkers, der mit Siliziumtransistoren und anschließender Demodulation durch 2 Germanium-HF-Dioden betrieben wird. Infolge der geringen Restströme von Siliziumtransistoren kann man beide Verstärkerstufen direkt koppeln. Die Schaltung arbeitet stabil, da die Basis des 1. Transistors am Emitter des 2. Transistors liegt. Dadurch tritt eine starke Gleichstrom-Gegenkopplung auf, die für HF durch die große Kapazität 200 nF unwirksam wird. Nach der Demodulation erhält man am Potentiometer 100 kΩ die demodulierte NF-Spannung.
Mit 2 NF-Verstärkerstufen für einen Ohrhörer kann man einen sehr kleinen Taschenempfänger verwirklichen. Man wählt dafür

einen kurzen Ferritstab (8 mm Durchmesser, etwa 50 mm lang). Für Langwelle benötigt man dann etwa 330 Wdg., HF-Litze, mit einer Anzapfung bei der 30. Wdg. vom kalten Ende. Bei MW-Empfang hat $L_1$ etwa 100 Wdg., HF-Litze, mit einer Anzapfung bei der 8. Wdg. vom kalten Ende.

## 14.6. Transistor-2-Kreis-Empfänger

Will man die Empfindlichkeit und die Trennschärfe eines Transistor-Geradeausempfängers verbessern, so läßt sich vor die Audionstufe eine HF-Verstärkerstufe setzen. In der Schaltung nach Bild 14.23 wird allerdings keine Audionstufe verwendet, da beide Transistoren als HF-Verstärker arbeiten und die Demodulation durch 1 Germaniumdiode erfolgt. Aber die 2. HF-Stufe hat eine Rückkopplung, die die Empfangseigenschaften wesentlich verbessert. Beide HF-Stufen arbeiten mit den Transistoren *GF 105* und sind durch die Seriengegenkopplung gleichstrommäßig stabilisiert. Die frequenzbestimmenden Schwingkreise liegen im Eingang und im Kollektorkreis des 1. Transistors. Durch den niedrigen Eingangswiderstand der Transistoren erfolgt die Ankopplung der Schwingkreise durch die Spulen $L_2$ und $L_5$. Für die Eingangskreisspule wird ein Ferritstab verwendet, für die 2. Schwingkreisspule 1 HF-Kammerspulenkörper. Die beiden Schwingkreisspulen haben folgende Windungen:

*Eingangskreis*

Ferritstab, 8 mm Durchmesser, 130 mm lang,
$L_1$ etwa 60 Wdg.,
HF-Litze 20 × 0,07 mm,
$L_2$ 6 Wdg., 0,5-mm-CuL.

*Zwischenkreis*

HF-Kammerspulenkörper
$L_3$ 85 Wdg., HF-Litze 20 × 0,07 mm,
$L_4$ 20 Wdg., 0,5-mm-CuL,
$L_5$ 6 Wdg., 0,5-mm-CuL.

Die HF-Drossel besteht aus einem HF-Spulenkörper, der mit dünnem Kupferlackdraht vollgewickelt wird. Den NF-Ausgang bildet ein Potentiometer von 50 kΩ, das zur Lautstärkeregelung dient. Über einen Kleinst-Elektrolytkondensator von 10 µF wird die NF-Spannung einem anzuschließenden NF-Transistorverstärker zugeführt. Als Betriebsspannung genügt eine Spannung von etwa 4,5 bis 6 V.

## 14.7. Transistor-Superhetempfänger

Die besten Empfangsleistungen erzielt man mit der Superhetschaltung. Allerdings ist diese Schaltung schon schwieriger im Aufbau. Auch der Abgleich ist für den Anfänger nicht einfach, da ein Gleichlauf zwischen Eingangskreis und Oszillatorkreis erzielt werden muß, um die feste Zwischenfrequenz zu erhalten. Auch sind für Transistorschal-

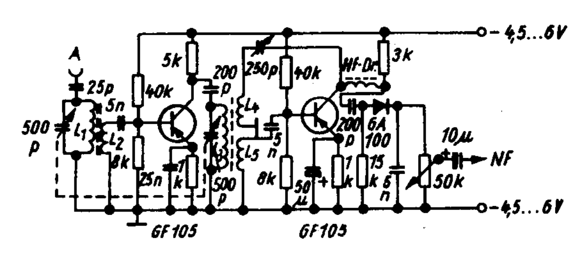



Bild 14.23
2-Kreis-Empfängerschaltung mit 2 HF-Stufen und Diodendemodulator

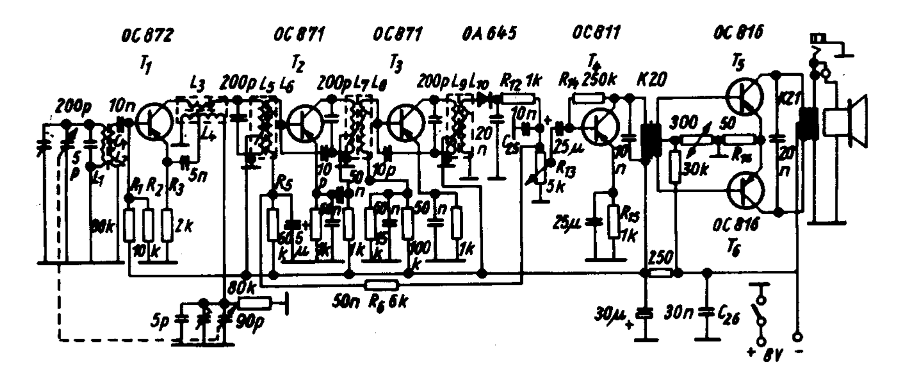



Bild 14.24
Schaltung des Transistor-Taschenempfängers *Sternchen* des Kombinates VEB *Stern-Radio* Berlin

tungen geeignete Zwischenfrequenzbandfilter in Kleinstausführung nicht handelsüblich.
Um den Aufbau einer Superhetschaltung mit Transistoren zu zeigen, wird in Bild 14.24 die Schaltung des bekannten Transistor-Taschenempfängers *Sternchen* wiedergegeben, den das Kombinat VEB *Stern-Radio* Berlin entwickelte. Dieser Transistorsuper besteht aus einer selbstschwingenden Mischstufe *(OC 872)*, dem 2stufigen ZF-Verstärker *(2×OC 871)*, der NF-Vorstufe *(OC 811)* und der Gegentakt-Endstufe (2×*OC 816*). Der Eingangskreis mit der Ferritantenne ist über eine Spule an die Basis des Transistors *OC 872* angekoppelt. Die Oszillatorschwingung wird zwischen Emitter und Kollektor erzeugt. Im Kollektorkreis liegt der erste 1kreisige ZF-Kreis, die Basis des nächsten Transistors wird wieder über eine Ankoppelspule angeschlossen. Die Neutralisation der ZF-Stufen erfolgt über die Kondensatoren von 10 pF, die zur Basis des jeweiligen Transistors führen. Der 1. ZF-Transistor wird geregelt, um Schwunderscheinungen beim Empfang von Fernsendern zu vermeiden. Zu diesem Zweck erhält die Basis ihre Vorspannung von der nach der Demodulation am Widerstand $R_{13}$ abfallenden Richtspannung.
Die NF-Vorstufe arbeitet mit der Parallelgegenkopplung als Treiberstufe für die Gegentakt-Endstufe. Die gegenphasige Steuerung der beiden Endstufentransistoren erfolgt über einen Treiberübertrager, für den der Typ *K 20* des VEB *Funkwerk* Leipzig verwendet wird. Als Ausgangsübertrager dient der Typ *K 21* des gleichen Werkes. Die Gegentakt-Endstufe ist temperaturkompensiert durch einen NTC-Widerstand im Basisspannungsteiler (300 Ω). Zur Stromversorgung dient eine 9-V-Spezialbatterie, die eine Betriebsdauer von etwa 50 Stunden zuläßt.
Eine moderne Variante eines kleineren Kofferempfängers für den AM-Empfang ist der *Stern Party (R 120)* vom Kombinat VEB *Stern-Radio* Berlin. Die Superhetschaltung des *R 120* (Bild 14.25a, b) gestattet im Mittelwellenbereich den Empfang zwischen 520 und 1605 kHz, und im Kurzwellenbereich zwischen 5,82 und 7,55 MHz (41-m- und 49-m-Band). Eine eingebaute Ferritantenne erübrigt einen zusätzlichen Antennenanschluß. 5 Kreise, von denen 2 kapazitiv abgestimmt werden, sorgen für ausreichende Trennschärfe. Das Gerät ist mit 6 Transistoren bestückt. Als Oszillator- und Mischtransistor ist ein *GF 122* und als ZF-Transistor ein *GF 126* eingesetzt. Der 1stufige Schwundausgleich erfolgt über T 2 und die

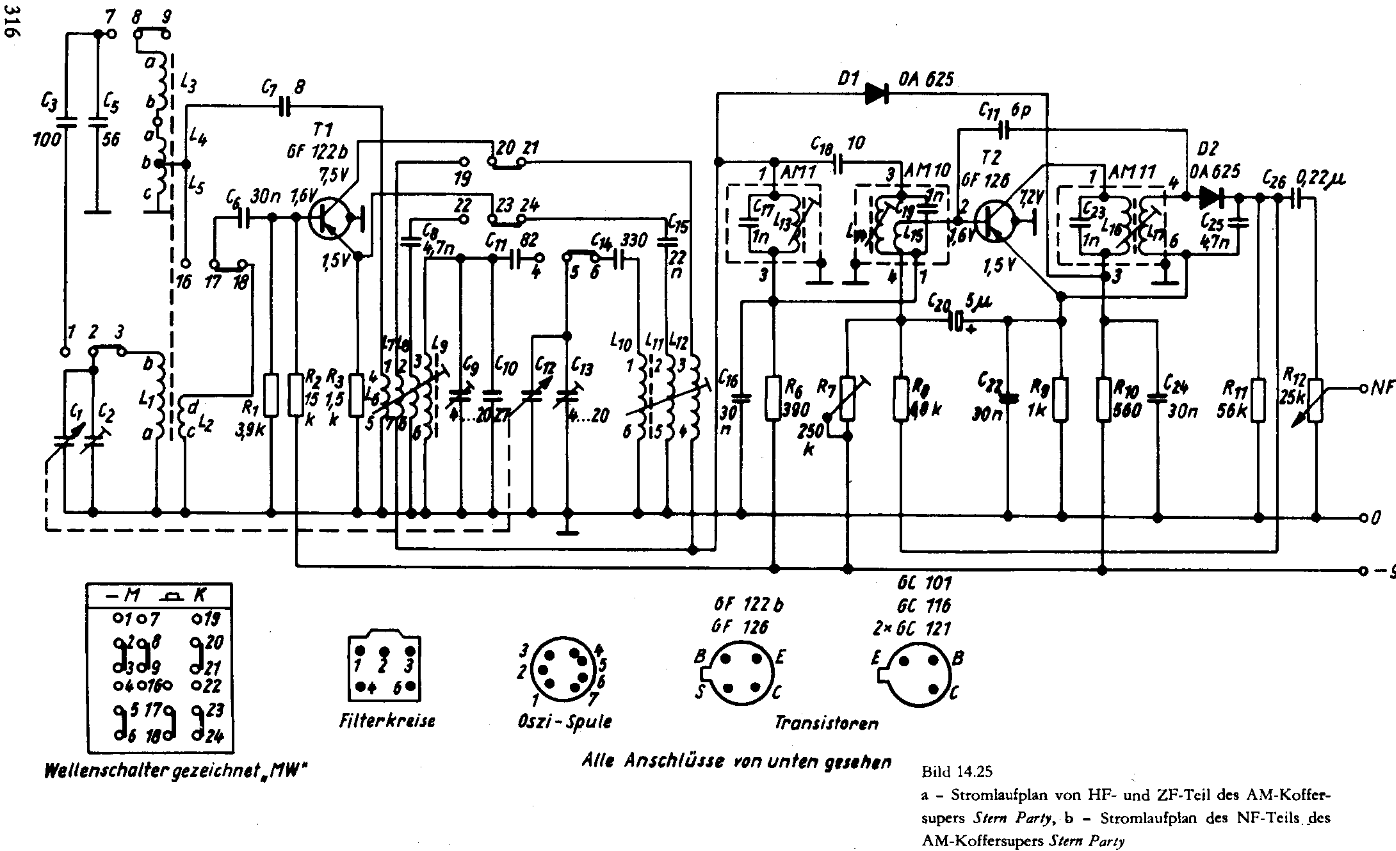
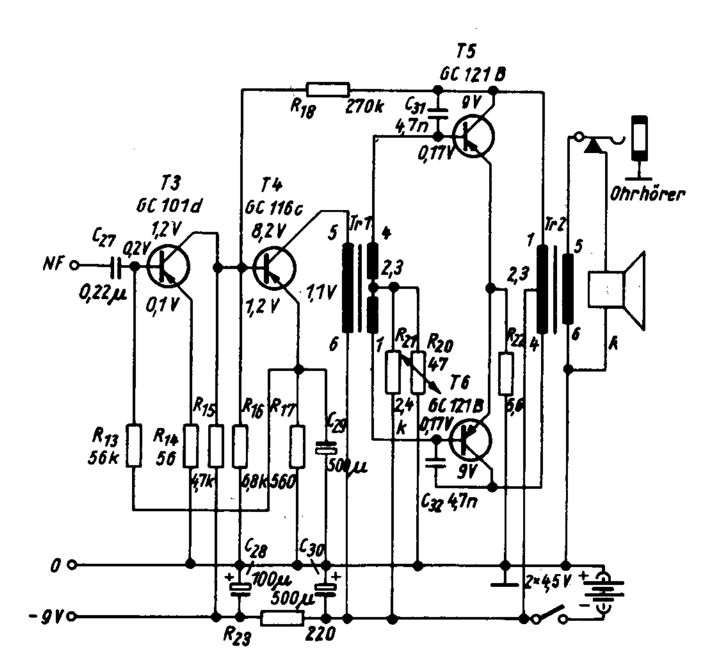



Bild 14.25

a – Stromlaufplan von HF- und ZF-Teil des AM-Koffersupers *Stern Party*, b – Stromlaufplan des NF-Teils des AM-Koffersupers *Stern Party*




Dämpfungsdiode D 1. Der NF-Verstärker ist mit dem Vorstufentransistor *GC 101*, dem Treibertransistor *GC 116* und in der Gegentakt-Endstufe mit 2×*GC 121* bestückt. Die abgegebene NF-Leistung beträgt etwa 450 mW bei 10% Klirrfaktor.

Der *R 120* ist ein reiner AM-Empfänger, der über 2 Wellenbereiche verfügt. Das Gerät ist in Bild 14.26 wiedergegeben. Eine große Linearskale erleichtert die Sendereinstellung. Die Bereichsumschaltung erfolgt mit nur einer Taste. Bei gedrückter Taste ist das Gerät auf Mittelwelle geschaltet, bei ausgelöster Taste empfängt man im Kurzwellenbereich. Ein-/Aus-Schalter und Lautstärkeregler sind gekoppelt. Eine Buchse zum Anschluß eines Ohrhörers oder Zweitlautsprechers ist vorhanden. Die Stromversorgung erfolgt aus 2 Flachbatterien 4,5 V vom Typ *3 R 12* oder über das Zusatznetzteil *N 100*. Der eingebaute, relativ große 1,5-W-Lautsprecher hat einen guten Klang.

Servicetechnisch ist der *Stern Party* sehr günstig aufgebaut. Mit Ausnahme des Drehkondensators und des Potentiometers sind alle Bauelemente, einschließlich des Tastenschalters, auf einer einzigen Platine angeordnet. Diese Platine läßt sich aus dem Gehäuse herausschwenken, so daß sie sowohl von der Bestückungs- als auch von der Leiterseite her gut zugänglich ist.

Eine vereinfachte Superhetschaltung für den Nachbau zeigt Bild 14.27. Die Schaltung hat 4 Kreise und enthält 4 Transistoren. Die Eingangsstufe arbeitet als selbstschwingende Mischstufe. Empfangen wird der Mittelwellenbereich, als ZF wurde eine Frequenz von 250 kHz gewählt. Die Eingangsspule befindet sich auf einem Ferritstab mit 10 mm Durchmesser und 140 mm Länge. Die Wicklung wird mit HF-Litze 20×0,07 mm ausgeführt.

Von der Spulenanzapfung gelangt das Signal über einen Kondensator von 10 nF an die

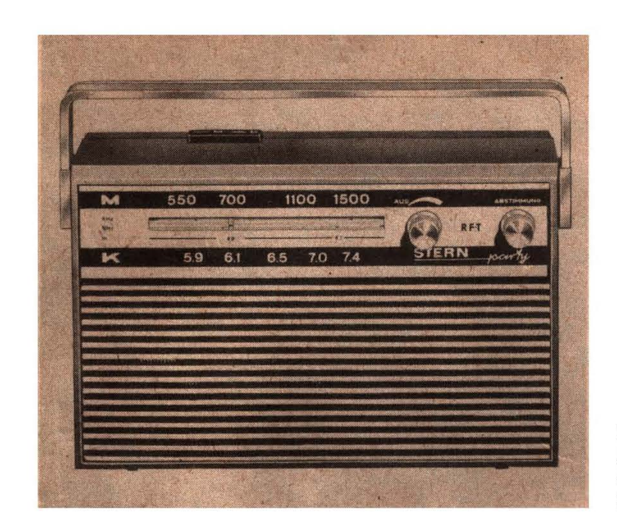



Bild 14.26
Ansicht des AM-Koffersupers *Stern Party* (Kombinat VEB *Stern-Radio* Berlin)

Basis der Mischstufe. Die Basisvorspannung stellt man durch einen Spannungsteiler ein. Die Oszillatorspannung wird zwischen Kollektor und Emitter erzeugt. Die Ankopplung an diese Elektroden ist sehr lose, damit durch die sich ändernden Transistorwerte keine Beeinflussung stattfindet. Den Drehkondensator des Oszillatorkreises muß man elektrisch so verkürzen, daß bei gemeinsamer Abstimmung mit dem Vorkreis eine Zwischenfrequenz von 250 kHz erzeugt wird.
Im Kollektorkreis des Transistors *GF 105* liegt der 1. ZF-Kreis. Die Ankopplung an die Basis des ZF-Transistors erfolgt über eine Kopplungsspule mit 20 Wdg. Die Basisvorspannung erzielt man über den Widerstand von 200 kΩ. Die nach der Demodulation entstehende Richtspannung legt man über den Widerstand von 10 kΩ an die Basis des ZF-Transistors und erhält auf diese Weise eine von der Richtspannung abhängige Schwundregelung. Die Diodenwicklung des

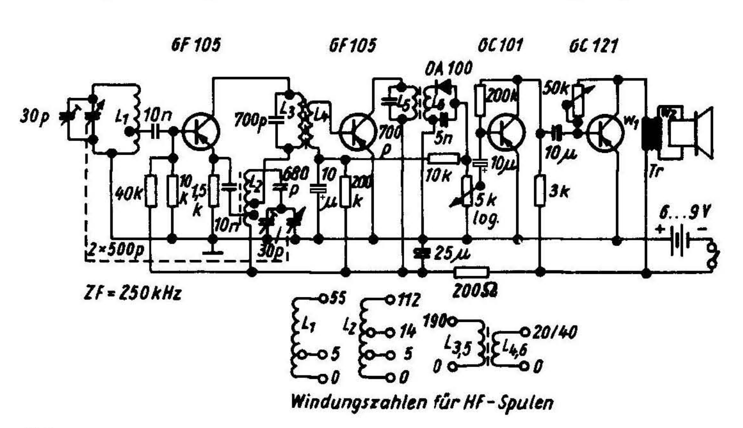



Bild 14.27
Einfache Superhetschaltung mit Transistoren

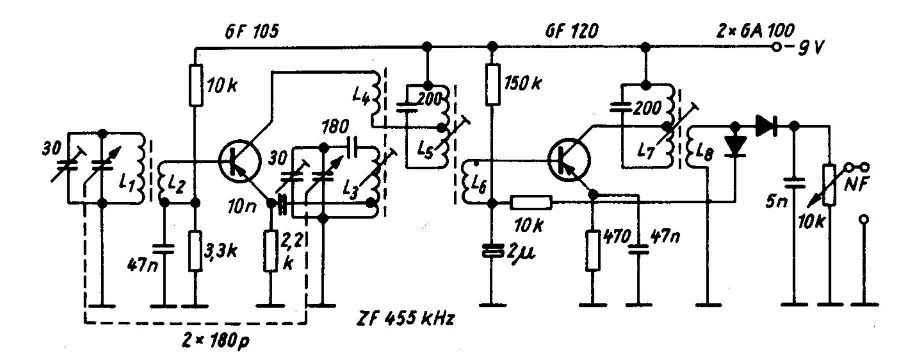



Bild 14.28
AM-Superhet-Eingangsteil mit angezapfter Oszillatorspule und ZF-Einzelkreis

2. ZF-Kreises hat 40 Wdg. Der Belastungswiderstand der Demodulatordiode wurde zur Lautstärkeregelung als Potentiometer ausgeführt. Die NF-Vorstufe arbeitet mit Parallelgegenkopplung, ebenso die Endstufe. Für die HF-Stufen wird die Betriebsspannung durch den Widerstand von 200 Ω herabgesetzt. Zur Entkopplung muß man anschließend einen Elektrolytkondensator vorsehen (25 μF).

Zur Stromversorgung werden 2 Stabbatterien von 3 V oder 2 Flachbatterien von 4,5 V verwendet. Für die Spulendaten folgende Hinweise: Die Eingangsspule $L_1$ wird auf einen Ferritstab von 10 mm Durchmesser und 100 mm Länge gewickelt mit HF-Litze 20 × 0,05 mm. Die Windungszahl beträgt 55, die Anzapfung liegt an der 5. Wdg. von Masse aus gesehen. Für die Oszillatorspule wird ein kleiner HF-Kammerspulenkörper benutzt. Die Gesamtwindungszahl beträgt etwa 112 Wdg. aus HF-Litze 20 × 0,05 mm. Die Anzapfungen liegen bei der 5. und 14. Wdg., von Masse aus gesehen. Für die ZF-Kreise werden kleine Schalenkerne von 14 mm Durchmesser verwendet. Die Windungszahl für die Spulen $L_3$ und $L_5$ beträgt 190 Wdg. aus Kupferlackdraht, 0,1 mm Durchmesser. Die Ankopplungsspule $L_4$ hat 20 Wdg., die Spule $L_6$ weist 40 Wdg. aus Kupferlackdraht 0,1 mm Durchmesser auf. Der Ausgangsübertrager hat einen Kern *M 30/7*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm, wechselseitig geschichtet. Die Windungszahl für $w_1$ beträgt 500 Wdg., CuL, 0,2 mm Durchmesser und für $w_2$ 85 Wdg., CuL, 0,3 mm Durchmesser. Als Lautsprecher wird eine Kleinstausführung mit einem Korbdurchmesser von 65 mm Durchmesser verwendet.

Der Aufbau erfolgt auf einer Pertinaxplatte. Das Gehäuse kann man aus Sperrholz herstellen und anschließend mit Kunststoff bespannen. Schwierigkeiten wird eine kleine Ausführung des Zweigangdrehkos bereiten. Mit etwas handwerklichem Geschick ist es möglich, zwei flache Hartpapierdrehkondensatoren auf einer gemeinsamen Achse zu montieren.

Bei der Schaltung in Bild 14.28 ist die Oszillatorschaltung etwas anders aufgebaut. Außerdem werden in dem 1stufigen ZF-Verstärker nur Einzel-ZF-Kreise verwendet. Damit hat diese Schaltung insgesamt nur 4 Kreise. Die Oszillatorfrequenz wird zwischen Kollektor und Emitter erzeugt. Die Schwingkreise mit $L_1$ bzw. $L_5$ sind jeweils induktiv an die Basis des nachfolgenden Transistors angekoppelt. Der ZF-Transistor wird geregelt vom Demodulator aus, über die Diode und den Widerstand 10 kΩ. Die

Bild 14.29
AM-Superhet-Eingangsteil mit HF-Vorstufe und 3kreisigem ZF-Filter

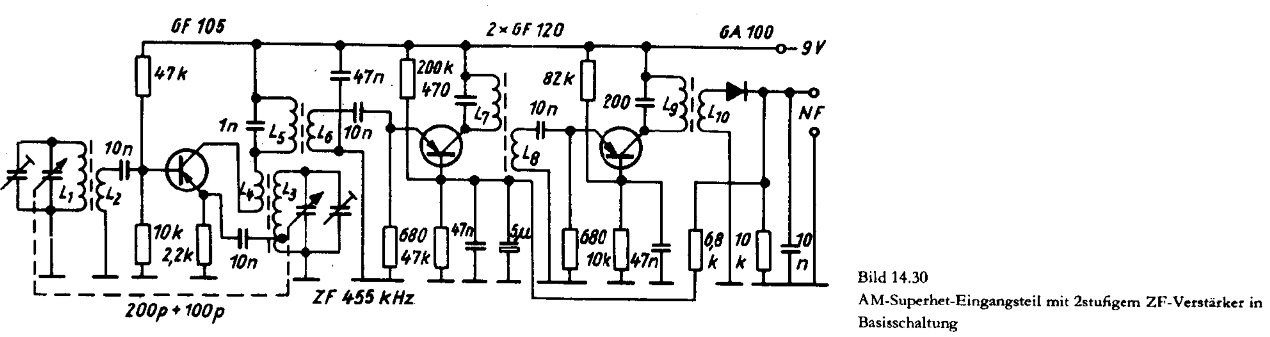



Bild 14.30
AM-Superhet-Eingangsteil mit 2stufigem ZF-Verstärker in Basisschaltung

ZF-Schwingkreise sind angezapft, um sie durch die Ausgangsimpedanz des Transistors geringer zu bedämpfen. Die Ferritantenne hat eine Länge von 100 mm und einen Durchmesser von 8 mm. Für die Oszillatorspule ist eine Kreuzwickelspule mit einem Spulenkörper von 5,5 mm Durchmesser vorgesehen. Die ZF-Spulen werden ebenfalls auf solche Spulenkörper zwischen 2 aufgeklebte Scheiben gewickelt. Die Windungszahlen für Mittelwelle sind $L_1$ – 90 Wdg., HF-Litze; $L_2$ – 10 Wdg., HF-Litze; $L_3$ – 134 + 4 Wdg., 0,1-mm-CuLS; $L_4$ – 10 Wdg., 0,1-mm-CuLS; $L_5$ – 200 + 100 Wdg., HF-Litze; $L_6$ – 30 Wdg., HF-Litze; $L_7$ – 200 + 100 Wdg., HF-Litze; $L_8$ – 50 Wdg., HF-Litze.

Zur Verbesserung der HF-Empfindlichkeit weist die Superhet-Eingangsschaltung nach Bild 14.29 eine HF-Vorstufe auf, die über ein *RC*-Glied an die Misch-Oszillatorstufe angekoppelt ist. Die Trennschärfe eines Superhetempfängers wird vor allem durch die Schwingkreise im ZF-Teil bestimmt. In dieser Schaltung ist die Trennschärfe in einem 3stufigen ZF-Bandfilter konzentriert. Alle ZF-Schwingkreise befinden sich einzeln in Abschirmgehäusen und sind kapazitiv miteinander gekoppelt. Da die Demodulatorschaltung keinen ZF-Schwingkreis hat, muß eine Demodulatorschaltung mit 2 Halbleiterdioden benutzt werden, um eine ausreichende NF-Spannung zu erhalten. Mit der am Demodulator vorhandenen Regelspannung wird die HF-Vorstufe geregelt. Wie für die anderen hier beschriebenen Schaltungen können auch in dieser Drifttransistoren der Typenreihen *GF 120* oder *GF 130* verwendet werden. Da diese geringere Rückwirkungskapazitäten haben, entfällt auch die Selbsterregung im ZF-Verstärker. Ferritstab und Spulenkörper entsprechen etwa denen bei Bild 14.28 genannten. Die Windungszahlen sind für Mittelwelle: $L_1$ – 92 + 8 Wdg., HF-Litze; $L_2$ – 100 + 5 Wdg., 0,1-mm-CuLS; $L_3$ – 12 Wdg., 0,1-mm-CuLS; $L_4$ – 82 Wdg., HF-Litze; $L_5$ – 115 Wdg., HF-Litze; $L_6$ – 100 + 15 Wdg., HF-Litze.

Die in Bild 14.30 gezeigte Eingangsschaltung ist mit einem 2stufigen ZF-Verstärker versehen. Um die Problematik der Neutralisation zu umgehen, arbeiten die Transistoren im ZF-Teil in Basisschaltung. Die Rückwirkungen sind geringer als bei der sonst üblichen Emitterschaltung, so daß eine Neutralisation entfallen kann. Geregelt wird vom Demodulator aus die 1. ZF-Stufe. Verwendet werden eine Ferritantenne (8 mm Durchmesser, 170 mm lang) und Trolitulkammerkörper mit HF-Abgleichkern. Die Windungszahlen sind für Mittelwelle: $L_1$ – 90 Wdg., HF-Litze; $L_2$ – 9 Wdg., HF-Litze; $L_3$ – 130 + 10 Wdg., 0,1-mm-CuLS; $L_4$ – 15 Wdg., 0,1-mm-CuLS; $L_5$ – 100 Wdg., HF-Litze; $L_6$ – 8 Wdg., HF-Litze; $L_7$ – 150 Wdg., HF-Litze; $L_8$ – 10 Wdg., HF-Litze; $L_9$ – 200 Wdg., HF-Litze; $L_{10}$ – 50 Wdg., HF-Litze.

Für die in Bild 14.31 gezeigte Schaltung eines Superhet-Eingangsteiles kann die zugehörende Leiterplatte per Nachnahme bestellt werden (*I. Borkmann*, 1195 Berlin, Erich-Lodemann-Straße 47 – Bezeichnung *Tg 1019*). Die Schaltung selbst besteht aus einer AM-MW-Misch-Oszillatorstufe mit T 1 und einer ZF-Reflexaudionstufe mit T 2. Nach der Demodulation wird die Stufe mit T 2 nochmals zur Verstärkung der NF-Spannung benutzt. Die Schaltung baut man mit Bauteilen des Taschensupers *T 100* auf. Neben dem Drehkondensator benötigt man die MW-Oszillatorspule und das AM-ZF-Bandfilter I. Die Spulen $L_1/L_2$ wickelt man auf einen Ferritstab 145 mm lang und 10 mm Durchmesser. Die Windungszahlen sind: $L_1$ – 72 Wdg., HF-Litze; $L_2$ – 9 Wdg., HF-Litze. Will man die Schaltung mit anderen Bauteilen realisieren (ohne die Leiterplatte *Tg 1019*), so empfiehlt sich die

Bild 14.31
AM-Superhet-Eingangsteil mit ZF-Reflexaudion

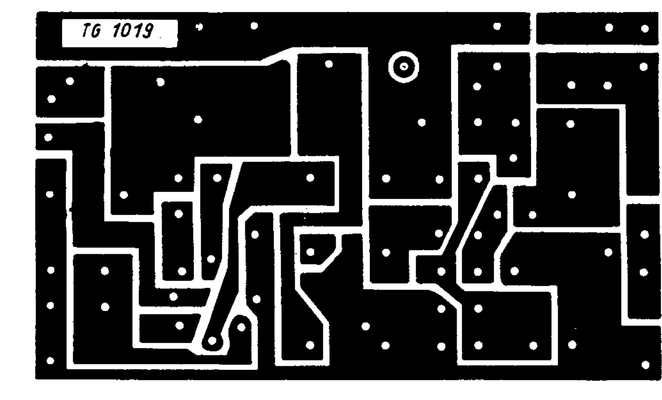



Bild 14.32
Leitungsführung der Leiterplatte zur Schaltung nach Bild 14.31

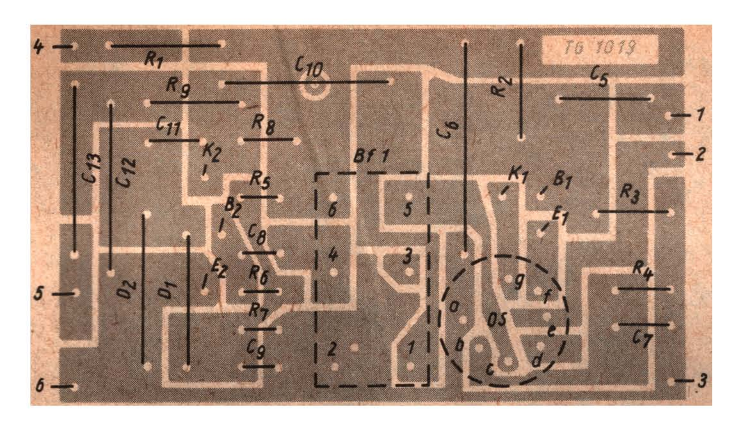



Bild 14.33
Bestückungsplan der Leiterplatte in Bild 14.32

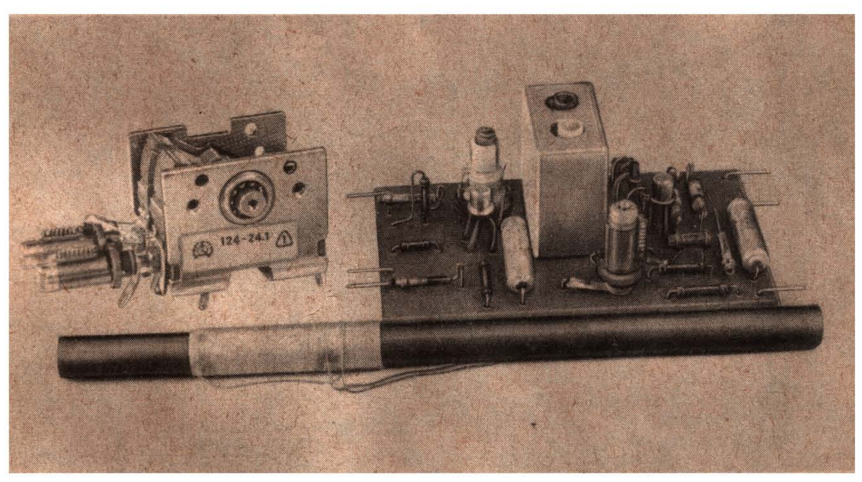



Bild 14.34
Ansicht der bestückten Leiterplatte für die Schaltung nach Bild 14.31

Anwendung eines 2fach-Drehkondensators 2×500 pF. In den Oszillatorkreis ist vor der Drehkondensator- und der Trimmerkapazität ein Verkürzungskondensator (Padding) von etwa 480 pF einzufügen. Als Oszillatorspulenkörper verwendet man einen 3-Kammer-Spulenkörper mit 4-mm-HF-Abgleichkern. Die Windungszahlen sind: etwa 108 Wdg., 0,1-mm-CuLS (a – e), 5 Wdg., 0,1-mm-CuLS (b – f) und 16 Wdg., 0,1-mm-CuLS (c – g). An Stelle des *T 100*-Bandfilters kann man auch 2 AM-ZF-Einzelkreise aus Transistorsupern benutzen, die über einen Kondensator von etwa 10 pF kapazitiv gekoppelt werden.

Bei einer Betriebsspannung von 9 V nimmt der Baustein einen Strom von etwa 3 mA auf. Bild 14.32 zeigt die Leitungsführung der Leiterplatte *Tg 1019* (85 mm × 50 mm). Der zugehörende Bestückungsplan ist in Bild 14.33 wiedergegeben. Die Ansicht der bestückten Leiterplatte mit dem bewickelten Ferritstab und dem *T 100*-Drehkondensator

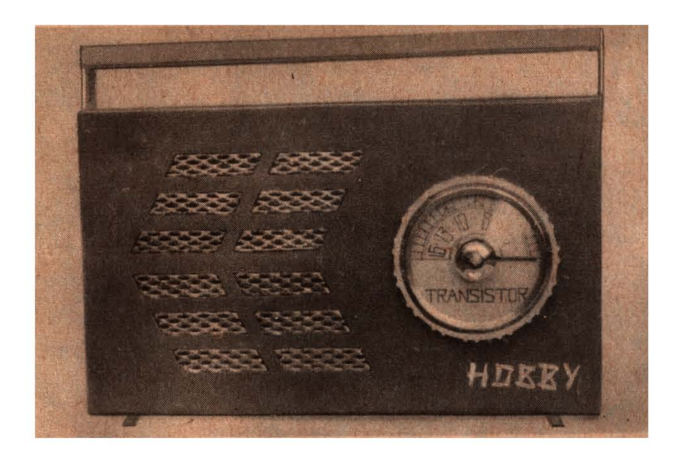



Bild 14.35
Ansicht des mit der Schaltung nach Bild 14.31 angefertigten einfachen AM-Superhetempfängers
*(K. Jung)*

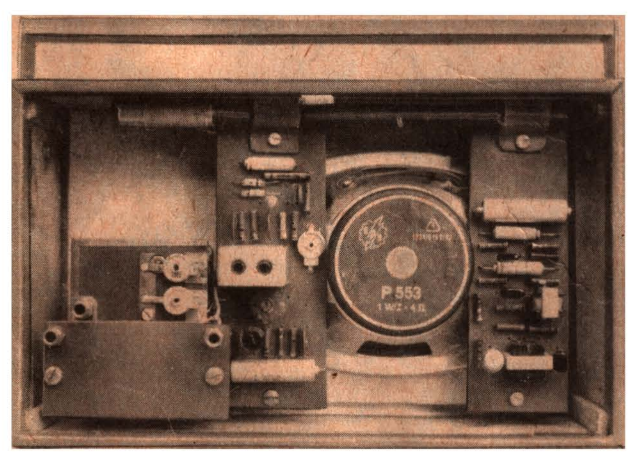



Bild 14.36
Blick in das Gehäuse des AM-Superhetempfängers
*(K. Jung)*

zeigt Bild 14.34. Der NF-Verstärker soll aus einer NF-Vorstufe, einer NF-Treiberstufe und einer NF-Gegentakt-Endstufe bestehen. Schaltungen dafür findet der Leser in Abschnitt 13. Diese Schaltung wurde ursprünglich von *K. Jung* angegeben. Bild 14.35 und Bild 14.36 zeigen den von ihm entwickelten einfachen MW-Superhet.

## 14.8. Transistor-HF-Vorstufe mit Ferritantenne

Die Empfindlichkeit eines älteren Rundfunkempfängers kann man durch Vorsetzen einer HF-Vorstufe verbessern. Baut man dabei die Eingangsspule mit einer Ferritantenne auf, so ist damit auch die Antennenfrage geklärt. Da die Ferritantenne richtungsempfindlich ist, sollte man sie drehbar anordnen. Selbstverständlich kann für die HF-Stufe eine entsprechende Elektronenröhre verwendet wer-

den; aber wesentlich eleganter ist die Anwendung eines Transistors, der eine HF-Ausführung sein muß.
Bild 14.37 zeigt die Schaltung einer abstimmbaren Ferritantenne mit kapazitiver Ankopplung an die Basis des HF-Transistors. Den Arbeitswiderstand im Kollektorkreis bilden eine HF-Drossel, für die man einen mit dünnem Kupferlackdraht vollgewickelten HF-Spulenkörper benutzt. Die Auskopplung an den Antenneneingang des nachgeschalteten Rundfunkempfängers erfolgt über den Kondensator von 100 pF. Zur Stromversorgung wird eine Flachbatterie von 4,5 V verwendet. Die Richtwirkung der Ferritantenne kann man verbessern, wenn man diese statisch abschirmt.
Die Schaltung nach Bild 14.38 arbeitet mit der Seriengegenkopplung zur Stabilisierung. Der Kondensator von 20 nF zwischen Emitter und Basis verhindert den gleichstrommäßigen Kurzschluß des Basisspannungsteilers. Es sind 2 Anschlüsse für eine Außenantenne vorgesehen. Im übrigen gelten die gleichen Hinweise wie zu Bild 14.37.

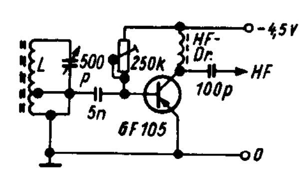



Bild 14.37
Transistor-HF-Vorstufe mit Ferritantenne

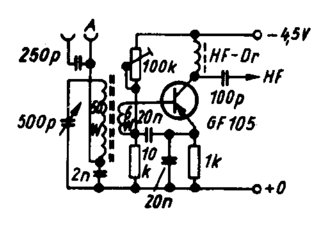



Bild 14.38
Transistor-HF-Vorstufe mit Ferritantenne und Seriengegenkopplung zur gleichstrommäßigen Stabilisierung

# 15. Schaltungen für den Funkamateur

## 15.1. Tongeneratoren zum Morsen

Für den Morseunterricht oder für Morseübungszwecke benötigt man einen Tongenerator. Mit Transistoren lassen sich dabei kleine, universell verwendbare Geräte aufbauen. Schaltungen dafür gibt es in großer Auswahl.

Bild 15.1 zeigt die Schaltung für einen Tongenerator mit *LC*-Kreis. Der frequenzbestimmende Schwingkreis liegt an der Basis des Transistors. Mit den Werten von *R* und *C* läßt sich die Tonhöhe beeinflussen. Die Rückkopplungswicklung liegt im Kollektorkreis. Parallel zur Rückkopplungswicklung wird der Kopfhörer angeordnet. Die Taste unterbricht die Leitung zwischen Kollektor und Minuspol der Batterie. Zur Stromversorgung wird eine Stabbatterie von 1,5 V verwendet. Als Transistor ist jeder NF-Vorstufentransistor brauchbar. Sollte die Schaltung nicht schwingen, so muß man eventuell die Rückkopplungswicklung umpolen. Bild 15.2 und Bild 15.3 zeigen den Aufbau des Transistor-Tongenerators in einer Kunststoff-Seifenschachtel. Für die Anschlüsse von Kopfhörer und Morsetaste werden Doppelbuchsen verwendet. Es können allerdings auch einzelne Telefonbuchsen benutzt werden. Der Schwingkreistransformator hat einen Kern *M 30*, wechselseitig geschichtet. Die Schwingkreisspule erhält 1500 Wdg., 0,1-mm-CuL Durchmesser. Die Rückkopplungswicklung besteht aus 500 Wdg., 0,1-mm-CuL.

Verwendet man für den Transformator den Ausgangsübertrager *K 21* des *Sternchen-*

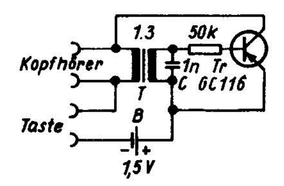



Bild 15.1
Schaltung eines Transistor-Tongenerators mit *LC*-Schwingkreis

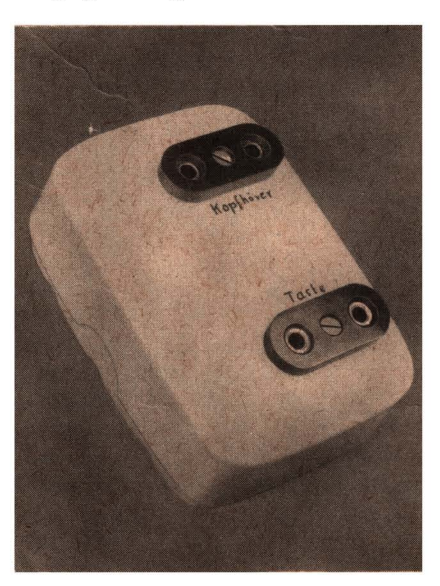



Bild 15.2
Der Transistor-Tongenerator kann in eine Kunststoff-Seifenschachtel eingebaut werden

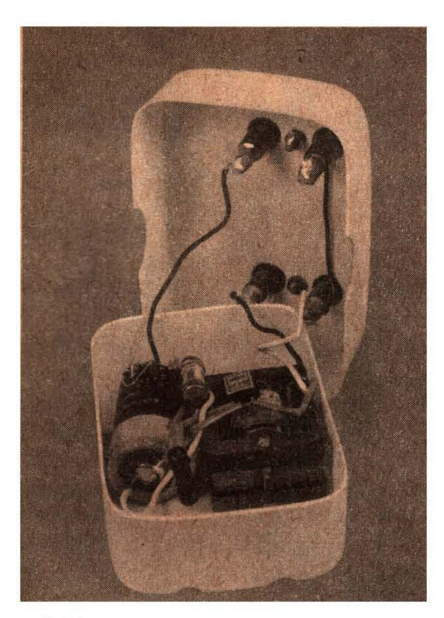


Bild 15.3
In der geöffneten Seifenschachtel sind die Einzelteile des Transistor-Tongenerators zu erkennen

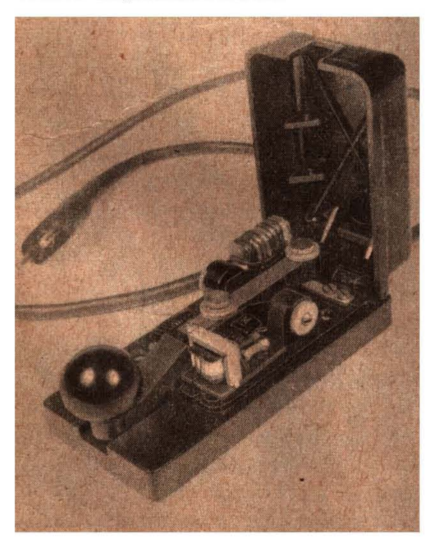


Bild 15.4
Bei geschicktem Aufbau kann der Transistor-Tongenerator auch in einer Morsetaste untergebracht werden

Empfängers, so läßt sich bei geschicktem Aufbau der Transistor-Tongenerator mit der Stromversorgung in der Morsetaste selbst unterbringen (s. Bild 15.4). Als Stromversorgung dienen einige Zellen einer Hörhilfe-Anodenbatterie von 22,5 V.

Eine Tongeneratorschaltung ohne die Verwendung eines Transformators zeigt Bild 15.5. Dieser Tongenerator arbeitet in *RC*-Schaltung mit einer Phasenschieberkette. Mit den angegebenen Werten schwingt die Schaltung bei etwa 1000 Hz und erzeugt einen fast reinen Sinuston. Die Basisvorspannung wird durch einen Spannungsteiler eingestellt. Der Widerstand von 100 Ω ist ein Trimmwiderstand, der so eingeregelt wird, daß die Schaltung schwingt. Sollte trotz einwandfreien Aufbaues die Schaltung nicht schwingen, so reicht der Stromverstärkungsfaktor zum Anfachen der Schwingung nicht aus, und es muß ein anderer Transistor höherer Stromverstärkung verwendet werden. Der Kollektorwiderstand wurde als Potentiometer zur Lautstärkeregelung ausgeführt. Über einen Elektrolytkondensator von 50 μF kann man die Tonfrequenzspannung regelbar entnehmen. Zur Stromversorgung genügt eine Spannung von 3 bis 6 V.

Bild 15.6 zeigt die Schaltung für einen Morsetongenerator mit dem Ausgangsübertrager *K 21* (VEB *Funkwerk* Leipzig) und dem Transistor *GC 121*. Die Morsezeichen hört man über einen im Gehäuse des Tongene-

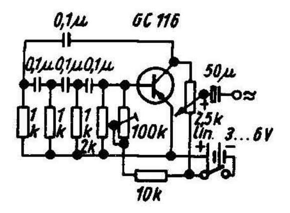



Bild 15.5
Schaltung eines Transistor-Tongenerators mit *RC*-Phasenkette

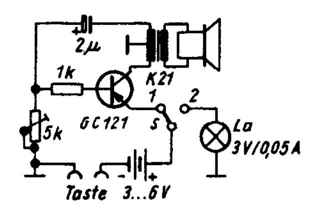



Bild 15.6
Transistor-Tongenerator mit Lautsprecher, umschaltbar als Durchgangsprüfer

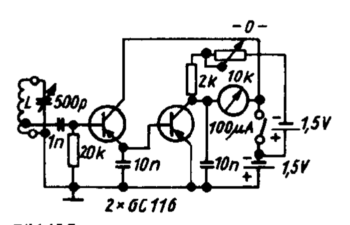



Bild 15.7
Schaltung für einen empfindlichen Absorptionsfrequenzmesser mit Transistor-Anzeigeschaltung

rators angeordneten Lautsprecher (*Sternchen*-Lautsprecher) ab. Mit dem Trimmpotentiometer von 5 kΩ wird ein verzerrungsfreier Ton eingestellt. Durch eine Umschaltung des Kippumschalters S kann der Tastanschluß als niederohmiger Durchgangsprüfer dienen. Die Anzeige erfolgt durch die eingebaute kleine Glühlampe 3 V/0,05 A bei einer 3-V-Batterie. Wird für den Tongenerator eine Batterie von 6 V verwendet, so muß selbstverständlich ein 6-V-Lämpchen benutzt werden.

## 15.2. Empfindlicher Absorptionsfrequenzmesser

Die in der Amateurpraxis viel verwendeten Absorptionsfrequenzmesser zur Frequenzbestimmung arbeiten nach der passiven Methode. Wenn sie keine Verstärkerbauteile enthalten, muß eine bestimmte Energie aufgenommen (absorbiert) werden, damit eine Resonanzanzeige möglich ist. Mit Transistoren läßt sich auf eine verhältnismäßig einfache Weise die aufgenommene Energie möglichst kleinhalten. Dadurch erfährt das Meßobjekt nur eine sehr geringe Belastung.

Bild 15.7 zeigt eine Schaltung für einen empfindlichen Absorptionsfrequenzmesser. Der frequenzbestimmende Schwingkreis enthält eine Steckspule für den jeweils interessierenden Frequenzbereich. Durch die Spulenanzapfung wird eine Anpassung an den niederohmigen Transistoreingang erreicht. Da die Basis des 1. Transistors keine Basisspannung erhält, arbeitet der Eingangstransistor als Demodulatordiode. Am Emitter ist die Basis des 2. Transistors angeschlossen. Im Kollektorkreis des 2. Transistors liegt in einer kompensierbaren Brückenschaltung das Anzeigeinstrument für den Resonanzzustand. Eine Kompensation ist wegen des auftretenden Kollektorreststromes erforderlich. Bei Resonanz steigt die HF-Spannung im Schwingkreis an, die Folge ist ein entsprechendes Ansteigen des Emitterstromes des 1. Transistors. Da die Emitterspannung gleichzeitig die Steuerspannung für die Basis des 2. Transistors ist, erfolgt entsprechend dem Stromverstärkungsfaktor dieses Transistors eine starke Änderung des Kollektorstromes. Die Brücke wird aus dem Gleichgewicht gebracht, und am Anzeigeinstrument erfolgt ein entsprechender Ausschlag.

Zur Stromversorgung nimmt man 2 Gnomzellen von 1,5 V oder 1 Stabbatterie von 3 V, die je aus 2 1,5-V-Elementen besteht. Mit dem Potentiometer von 10 kΩ wird vor dem Messen der Nullpunkt eingestellt. Die Empfindlichkeit der Schaltung ist abhängig von der Stromempfindlichkeit des Anzeigeinstrumentes und von der Größe des Stromverstärkungsfaktors. Für die interessierenden Frequenzbereiche kann die Windungszahl der Steckspulen nach den in Abschnitt 5. angegebenen Formeln berechnet werden. Der Einbau erfolgt in ein kleines, passendes Kästchen aus Holz oder Kunststoff.

## 15.3. Einfacher Feldstärkemesser

Zum Abstimmen eines Senders oder zum Ausprobieren von Antennen ist ein Feldstärkemesser eine große Hilfe. Da ein solches Gerät transportabel sein soll, empfiehlt sich die Anwendung einer Transistorschaltung. Die Schaltung in Bild 15.8 entspricht der nach Bild 15.7. Nur nimmt man zur Gleichrichtung der HF-Spannung eine Germaniumdiode. Für die Kompensationsspannung wird keine besondere Batterie benutzt, sondern man erhält die 2 Betriebsspannungen aus einem Spannungsteiler von 2×500 Ω. Mit dem Potentiometer wird der Nullpunkt eingestellt. Für Feldstärkemessungen braucht der Schwingkreis nicht abstimmbar zu sein; es reichen Schwingkreise, die auf Bandmitte eingestellt sind. Für einfache, orientierende Feldstärkemessungen genügt an Stelle des Schwingkreises auch eine HF-Drossel von 2,5 mH. Am Schwingkreis wird eine Telefonbuchse angeschlossen, auf die eine Stabantenne von etwa 2-mm-CuL-Draht aufgesteckt werden kann. Die Länge ist im KW-Bereich unkritisch, sie sollte etwa 1 bis 2 m betragen. Zur Stromversorgung dient eine Batterie von 1,5 bis 3 V. Der Einbau kann in ein kleines Gehäuse erfolgen. Zur Messung wird das Gerät in die Nähe des KW-Senders gestellt. Prinzipiell ist die Schaltung bis in das 2-m-Band brauchbar. Die Empfindlichkeit hängt ab vom verwendeten Meßinstrument und vom Stromverstärkungsfaktor des Transistors. Möglich ist auch der Einbau in einen alten Bandfilter-Abschirmbecher. Mit einer Steckvorrichtung kann man diesen an einem Vielfachmeßinstrument anbringen und das Meßwerk gleich zur Anzeige benutzen.

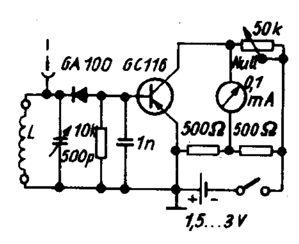



Bild 15.8
Schaltung für einen empfindlichen Feldstärkemesser

## 15.4. Einfaches Grid-Dip-Meter mit Transistor

Für den Funkamateur ist das Grid-Dip-Meter ein universelles Meßgerät. Durch die Anwendung von Transistoren läßt es sich besonders handlich aufbauen. Es soll eine Schaltung gezeigt werden, obwohl eine besonders günstige Lösung erst beim Vorhandensein von KW- und UKW-Transistoren möglich ist. Mit dem Transistor *GF 122* kommt man etwa bis 30 MHz, was für viele Zwecke schon ausreicht.

Bild 15.9 zeigt die Schaltung. Der linke Teil stellt den Oszillator dar, der rechte die Anzeigeschaltung. Der Oszillator-Transistor arbeitet in der Basisschaltung. Der frequenzbestimmende Schwingkreis liegt am Kollektor. Die Rückkopplung auf die Emitterelektrode erfolgt durch den Kondensator von 25 pF. Die vom Oszillator erzeugte Schwingspannung zeigt eine Anzeigeschaltung an. Zu diesem Zweck wird die Schwingspannung über den Kondensator von 10 pF ausgekoppelt und anschließend gleichgerichtet. Die entstehende Gleichspannung steuert die Basis des Transistors, in dessen Kollektorstromkreis die kompensierte Anzeigeschaltung liegt. Zur Empfindlichkeitsregelung dient das Potentiometer von 500 kΩ. Der Nullpunkt des Meßinstrumentes kann mit dem Potentiometer von 100 kΩ eingestellt werden.

Führt man an passiven Schwingkreisen Messungen durch, so wird aus dem Oszillator Energie entzogen, und die angezeigte Schwingspannung geht zurück. Bei Messun-

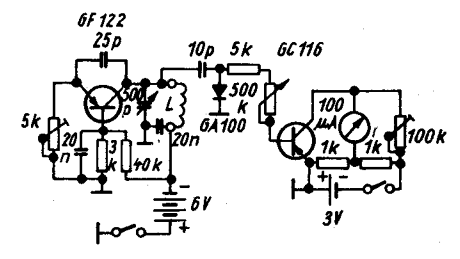



Bild 15.9
Schaltung eines Grid-Dip-Meters mit Transistorbestückung

gen an aktiven Schwingkreisen nimmt das Gerät zusätzlich Energie auf, die Anzeige am Meßinstrument steigt daher an. Für den Oszillator und den Anzeigeteil verwendet man getrennte Batterien. Dabei genügt für den Oszillator eine Betriebsspannung von 6 V, für den Anzeigeteil eine Spannung von 1,5 bis 3 V. Die Schwingkreisspule wird, wie beim Grip-Dip-Meter üblich, als Suchspule auf dem Gehäuse aufgebaut. Die Werte dafür richten sich bei Verwendung des Transistors *GF 122* nach dem interessierenden Frequenzbereich unterhalb etwa 30 MHz.

## 15.5. Einfache Peilempfänger für Fuchsjagden

Die Fuchsjagd ist eine vor allem unter der Jugend beliebte Wehrsportart der *Gesellschaft für Sport und Technik*. Benutzt wird dazu ein kleiner Peilempfänger, mit dem man einen oder mehrere versteckte Sender während ihres Betriebes anpeilt. Bei den Fuchsjagd-Peilempfängern handelt es sich um kleine, tragbare Empfangsgeräte, die zum Peilen mit einer speziellen Empfangsantenne ausgerüstet sind. Verwendet werden entweder eine Rahmenantenne oder eine Ferritantenne. Diese Antennenkonstruktionen haben die Eigenschaft, sehr richtungsempfindlich zu sein. Das heißt, man kann mit ihnen bei Beachtung bestimmter Forderungen die Richtung zum Standort des Senders bestimmen, den man empfängt.

Beim Empfang eines Fuchsjagdsenders mit einer Peilantenne ergeben sich 2 Maxima bzw. 2 Minima der Lautstärke. Gepeilt wird nach der Minimum-Methode, da dabei auf Grund der Empfindlichkeit des menschlichen Ohres eine wesentlich genauere Peilung möglich ist. Gegenüber der Minimumpeilung ist der Aufnahmewinkel bei der Maximumpeilung etwa 3mal größer und damit ungenauer. Bild 15.10 zeigt die Peilempfindlichkeit einer Rahmen- bzw. Ferritantenne, wobei die Pfeile in der Kreisfläche die Lautstärken bei der Senderaufnahme angeben. Mit der abgeschirmten Rahmenantenne (bei der Ferritantenne wird nur die Spule statisch abgeschirmt) nimmt man nur die magnetischen Feldlinien auf. Darum liegt der Sender in der Richtung des Empfangsminimums, also in der Richtung, in der man durch den Rahmen hindurchschaut. Da 2 Minima auftreten, kann der Sender vor dem Fuchsjäger (bei A) oder hinter dem Fuchsjäger (bei A') liegen.

Um eine eindeutige Seitenbestimmung vornehmen zu können, muß man zusätzlich

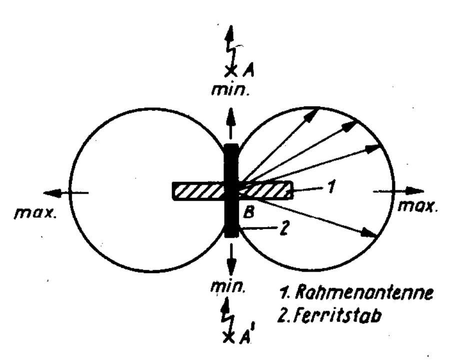



Bild 15.10
Peilempfindlichkeit bei einer Rahmen- bzw. Ferritantenne (Minimumpeilung)

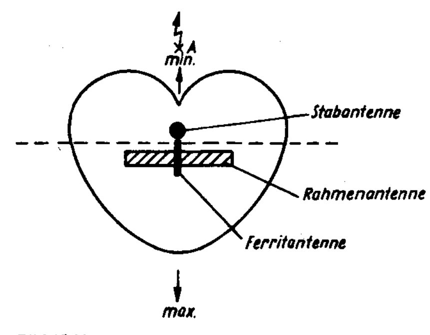


Bild 15.11
Peilempfindlichkeit einer Rahmen- bzw. Ferritantenne mit davor angeordneter Stabantenne (Minimumpeilung)

noch das elektrische Feld aufnehmen. Dazu verwendet man eine vor der Peilantenne angeordnete Stabantenne. Die Peilempfindlichkeit verformt sich jetzt zu einer Herzkurve. Es tritt nur noch ein Minimum auf, der versteckte Fuchsjagdsender kann also nur bei Punkt A seinen Standort haben. Bild 15.11 erläutert diesen Vorgang. Überträgt man nun den ermittelten Peilstrahl auf eine Karte, so weiß man zwar die Richtung, in der der Sender liegt, aber noch nicht die Entfernung bis dahin. Deshalb ist von einem 2. Standort aus eine weitere Peilung erforderlich. Nach dem Übertragen des ermittelten 2. Peilstrahls auf die Karte werden sich beide Peilstrahlen schneiden. In der Nähe des Schnittpunktes der Peilstrahlen ist dann der Fuchssender zu suchen. Bild 15.12 veranschaulicht diesen Vorgang. Fuchsjagden werden auf dem 80-m-Band (3,5 bis 3,8 MHz) und auf dem 2-m-Band (144 bis 146 MHz) durchgeführt. Versierte Fuchsjäger benutzen vorwiegend Superhetempfänger zur Peilung.

Um eine Massenbeteiligung bei Fuchsjagden zu erreichen und den Nachbau für den Anfänger zu vereinfachen, wurde ein einfacher Fuchsjagdempfänger entwickelt. Dabei ging man von dem Gedanken aus, daß bei Verwendung eines leistungsstarken Senders der Peilempfänger nicht besonders empfindlich zu sein braucht. Ist die Leistung des Fuchssenders etwa 50 bis 100 W und der Startplatz der Fuchsjäger nicht mehr als 2 km vom Sender entfernt, so genügt der beschriebene Empfänger. Hat der Anfänger dann Erfahrungen gesammelt und seine Kenntnisse bei der Arbeit an den Klubstationen der *Gesellschaft für Sport und Technik* erweitert, so kann dann später auch ein empfindlicher Peilempfänger gebaut werden.

Der beschriebene Peilempfänger besteht aus einem Diodendetektor für das 80-m-Band und einem nachgeschalteten 2stufigen Niederfrequenzverstärker mit Transistoren. Gegenüber Batterieröhren wird die Stromversorgung wesentlich einfacher, da man nur

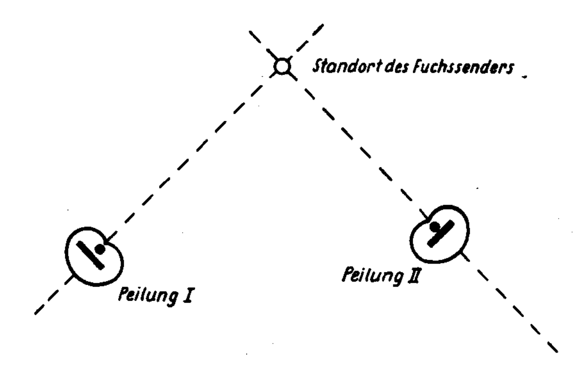


Bild 15.12
Durch 2 Peilungen kann der ungefähre Standort des Fuchssenders auf der Karte festgelegt werden

eine gewöhnliche Taschenlampenbatterie braucht. Bild 15.13 zeigt den Diodenempfangsteil mit Rahmenantenne, Abstimmdrehkondensator, Germaniumdiode, Arbeitswiderstand und Siebkondensator. Die Maße für die Rahmenantenne gibt Bild 15.14 wieder. Das Holzkreuz besteht aus 2 Holzleisten mit einem Querschnitt von 12 mm × 3 mm. Eine Holzleiste ist 410 mm und die andere 510 mm lang. Für die Drahtführung werden an 3 Enden Schlitze von 5 mm Tiefe angebracht. Am unteren Ende des Holzkreuzes führt man den Draht durch eine Bohrung von 4 mm Durchmesser. Es sind als Rahmenantenne 5 Windungen Kupferlackdraht von 0,2 mm bis 0,4 mm Stärke aufzubringen. Die Verbindung der Holzleisten erfolgt in der Mitte durch 2 Schlitze von 6 mm Tiefe und 3 mm Breite. Wenn die beiden Holzleisten dann ineinanderstecken, klebt man mit Holzleim oder *Duosan* und bringt anschließend die Rahmenantenne auf.

Der als Abstimmdrehkondensator verwendete keramische Trimmer, z. B. *Hescho Ko 2497*, wird mit etwas Vaseline oder feinem Öl leicht gängig gemacht. Die Abstimmung kann mit einem Schraubenzieher erfolgen, ist aber unbequem. Besser lötet man auf die Stellschraube eine Messingachse auf (6 mm Durchmesser und 25 mm lang). Der Abstimmkondensator soll einen Kapazitätsbereich von etwa 10 bis 30 pF haben. Die Germaniumdiode, z. B. *GA 100*, liegt an der 3. bzw. 4. Windung der Rahmenantenne. Der Kondensator von 5 nF dient als Kurzschluß für restliche HF-Spannungen.

Bild 15.15 zeigt die Schaltung des Verstärkerteiles. Über den Niedervolt-Elektrolytkondensator von 4 μF steuert die vom Diodenteil kommende Niederfrequenz die Basis des 1. Transistors. Der Arbeitswiderstand im Kollektor beträgt 5 kΩ. Nach der Verstärkung im 2. Transistor wird die Modulation des Fuchssenders im Kopfhörer

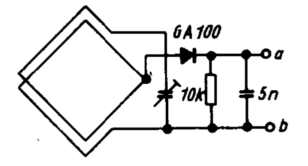



Bild 15.13
Schaltung des HF-Teiles des einfachen Fuchsjagdempfängers

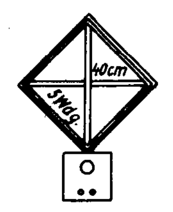



Bild 15.14
Maßskizze für die Rahmenantenne des Fuchsjagdempfängers

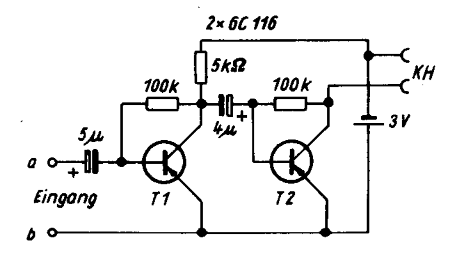



Bild 15.15
Schaltung des NF-Verstärkers für den Fuchsjagdempfänger

hörbar, der im Kollektorkreis des 2. Transistors liegt. Die Emitterelektroden befinden sich an Massepotential. Die Basisvorspannungen werden durch die beiden Widerstände von 100 kΩ erzeugt, die zwischen Basis und Kollektor liegen. Die Stromversorgung erfolgt durch eine Taschenlampen-Stabbatterie von 3 V. Die angegebene Polarität ist unbedingt einzuhalten, da die Transistoren hierfür sehr empfindlich sind. Der Pluspol ist der kleine Messingkontakt. Als Transistoren verwendet man, wie ange-

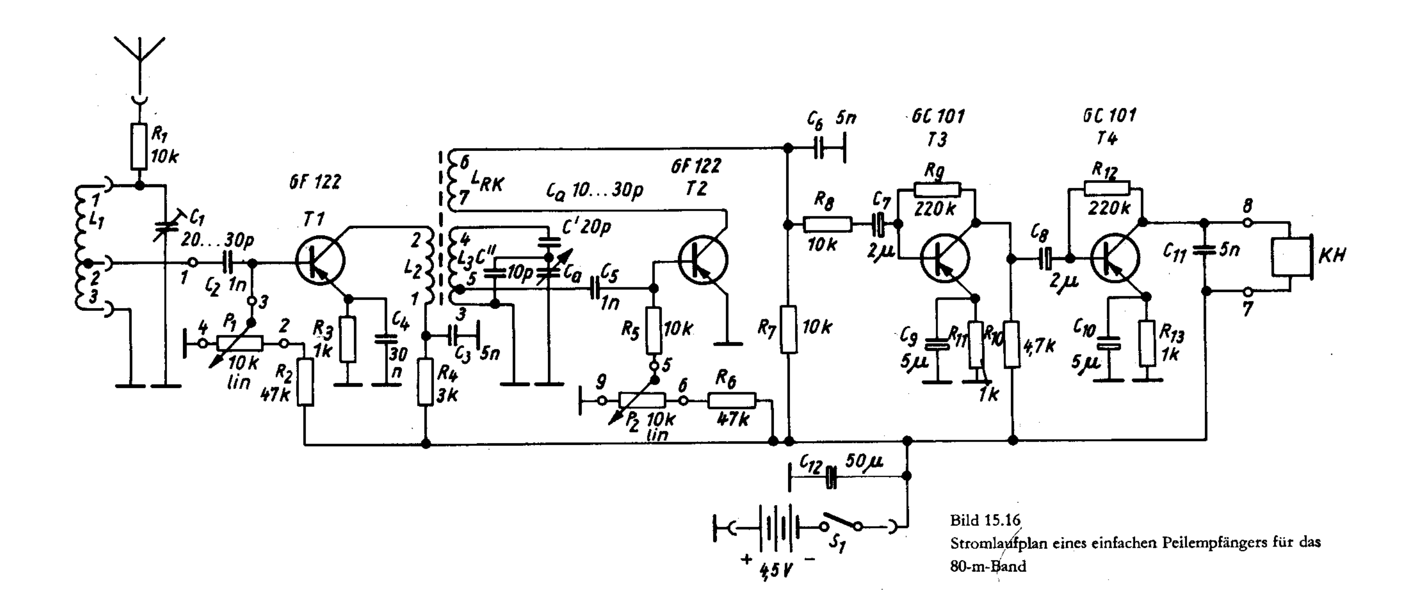



Bild 15.16
Stromlaufplan eines einfachen Peilempfängers für das 80-m-Band

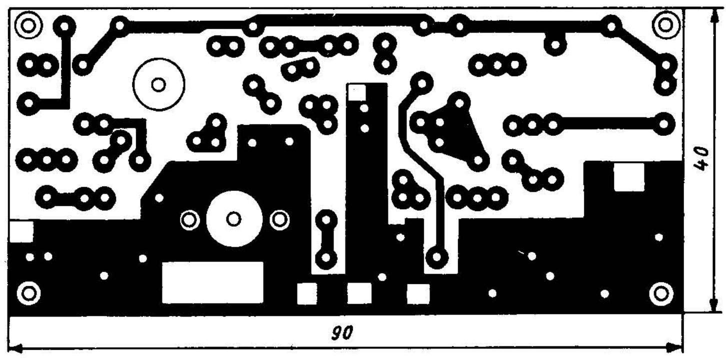
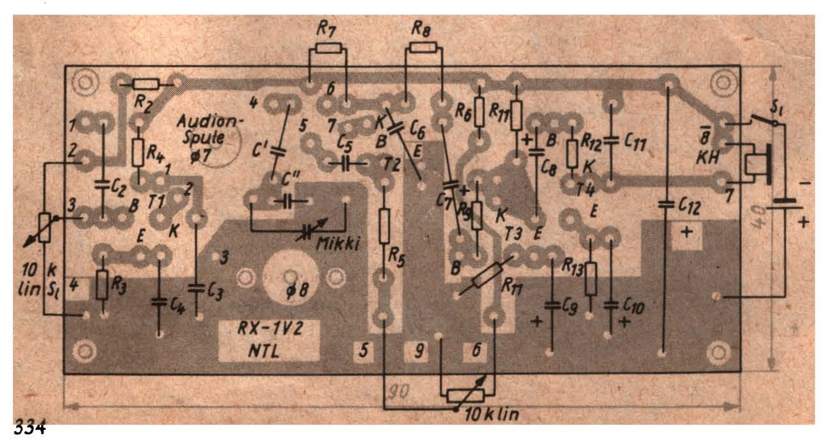



Bild 15.17
Leitungsführung der Leiterplatte nach Bild 15.16

geben, 2×*GC 116* oder *GC 101* und *GC 116*. Der 1. Basisvorwiderstand kann auch 250 kΩ haben. Der Kopfhörer ist eine normale Ausführung. Damit sich die Nebengeräusche beim Empfang verringern, benutzt man Kopfhörer mit Gummimuscheln.

Alle Bauelemente montieren wir auf einer kleinen etwa 2 bis 3 mm starken Pertinaxplatte. Anschließend wird der gesamte Empfänger in einer Seifendose aus Plast untergebracht. Die einzelnen Bauelemente sind auf der Pertinaxplatte nebeneinander angeordnet, ihre Anschlußdrähte jeweils durch 2 Bohrungen hindurchgeführt. Die beiden Transistoren werden darüber angebracht und ihre Anschlußdrähte durch je 3 Bohrungen geführt. Die Batterie befestigen wir ebenfalls auf der Bauelementeseite. Sie kann fest eingelötet werden, weil der Stromverbrauch sehr minimal ist. In die Seifendose führen nur die 3 Anschlüsse der Rahmenantenne. Außen liegen noch der Drehknopf des Trimmers und die Doppelbuchse für den Kopfhörer. Nach der Fertigstellung wird die Seifendose am unteren Ende des Holzkreuzes mit 2 Schrauben befestigt. Ist bei der Fuchsjagd auch eine Seitenbestimmung durchzuführen, so muß vor dem Rahmen noch eine Telefonbuchse für eine Stabantenne angebracht werden, am besten an einem kurzen Querholz. Diese

Bild 15.18
Bestückungsplan für die Leiterplatte nach Bild 15.17



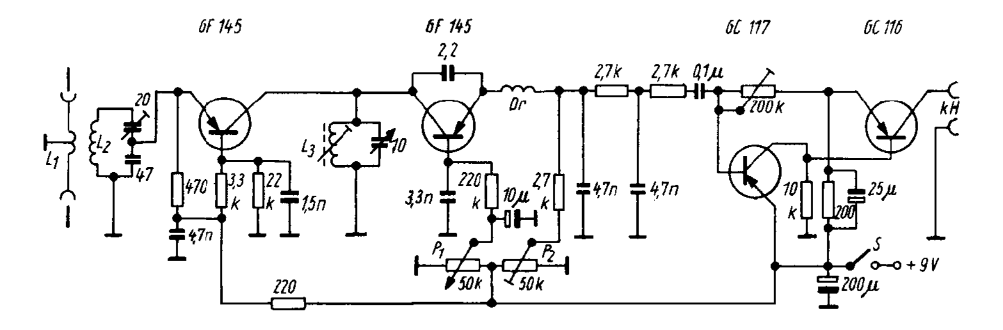



Bild 15.19
Stromlaufplan eines einfachen Peilempfängers für das 2-m-Band

Buchse liegt über einen Widerstand von 10 kΩ am oberen Trimmerende.

Vom *Radioklub* der DDR wurde ein einfacher 80-m-Fuchsjagdempfänger popularisiert, dessen Schaltung Bild 15.16 zeigt. Er besteht aus einer HF-Vorstufe, der Audionstufe und einem 2stufigen NF-Verstärker für Kopfhörerbetrieb. Abgestimmt wird nur die Audionstufe, und zwar mit dem Oszillatordrehkoteil des Drehkondensators aus dem Taschensuper *Mikki*. Verwendet man einen anderen Drehkondensator, so ändern sich die Werte von $C'$ und $C''$. Die Empfindlichkeit des Peilempfängers kann man mit dem Potentiometer P 1 variieren. Zur Rückkopplungsregelung dient das Potentiometer P 2. Die Spule des Eingangskreises $L_1/C_1$ wickelt man auf einen Ferritstab, der als Peilantenne wirkt. Zur eindeutigen Minimumpeilung wird an den Schwingkreis über den Widerstand $R_1$ an einer Telefonbuchse eine Stab- oder Teleskopantenne von etwa 50 cm Länge angeschlossen.

Ferritstab 8 mm Durchmesser, 160 mm lang:

$L_1$ – 25 Wdg., HF-Litze 10×0,05; Anzapfung an der 3. Wdg. von Masse.

Ferritstab 8 mm Durchmesser, 95 mm lang:

$L_1$ – 35 Wdg., HF-Litze 10×0,05; Anzapfung an der 5. Wdg. von Masse.

Die Audionspule befindet sich auf einem 3-Kammerspulenkörper mit HF-Abgleichkern. $L_2$ – 10 Wdg., 0,4-mm-CuL; $L_3$ – 70 Wdg., 0,4-mm-CuLS; $L_{RK}$ – 15 Wdg., 0,4-mm-CuLS. Die Anzapfung bei $L_3$ liegt an der 12. Wdg. von Masse. Wird mit dem Potentiometer P 2 kein Rückkopplungseinsatz erzielt, dann ist $L_{RK}$ umzupolen.

Der NF-Verstärker ist unproblematisch, lediglich in der Eingangsstufe ist ein rauscharmer Transistortyp zu verwenden. An Stelle des Kopfhörers kann auch ein Ohrhörer angeschlossen werden, wenn er eine höhere Impedanz hat (> 200 Ω). Bild 15.17 zeigt die Leitungsführung der Leiterplatte für den einfachen 80-m-Fuchsjagdempfänger, Bild 15.18 den zugehörenden Bestückungsplan. Vom Anfänger kann dieser kleine KW-Empfänger auch für Empfangsbeobachtungen des 80-m-Amateurbandes (3,5 bis 3,8 MHz) benutzt werden.

Verwendet man zur 2-m-Fuchsjagd leistungsstärkere Fuchssender, dann genügt dem Fuchsjäger eine einfachere Schaltung für den Peilempfänger. Bild 15.19 zeigt eine solche Schaltung für einen 2-m-Peilempfänger, wie er von holländischen Funk-

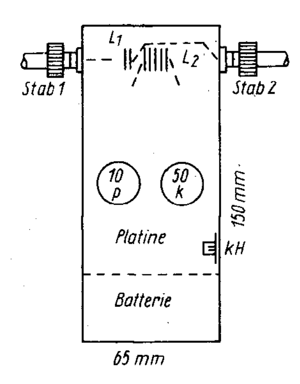


Bild 15.20
Anordnung der Bauteile für den Peilempfänger nach Bild 15.19

amateuren benutzt wird. Die Schaltung besteht aus einer HF-Vorstufe in Basisschaltung, einem Superregenerativaudion in Basisschaltung und einem 2stufigen, direktgekoppelten NF-Verstärker. Die Rückkopplung wird mit P 1 betätigt, wobei man einmalig mit P 2 einen günstigen Bereich der Betriebsspannung für das Audion einstellt. Die Frequenzabstimmung erfolgt nur mit dem Zwischenkreis, der Eingangskreis wird fest auf Bandmitte gelegt. Der NF-Ausgang ist für einen Ohrhörer ausgelegt.
Die Peilantenne besteht aus 2 Alu-Rohren (6 bis 8 mm Durchmesser) mit daran befestigtem Bananenstecker, die in die seitlich angeordneten Meßgerätebuchsen eingesteckt werden (Bild 15.20). Die einzelne Stablänge ist etwa 45 bis 48 cm.

*Spulendaten*

$L_1$ – 2 Wdg., 0,8-mm-CuAg, 8 mm Durchmesser, in das masseseitige Ende von $L_2$ gewickelt;
$L_2$ – 5 Wdg., 1,0-mm-CuAg, 8 mm Durchmesser, freitragend;
$L_3$ – 3 Wdg., 1,0-mm-CuAg, 7-mm-Spulenkörper mit HF-Abgleichkern;
Dr – 50 Wdg., 0,3-mm-CuL, 4 mm Durchmesser, mit Nagellack mehrfach bestrichen.

## 15.6. Transistor-KW-Empfänger für 80 m

Die Schaltung nach Bild 15.21 besteht aus einer Audionstufe und einem 2stufigen NF-Verstärker für Kopfhörerempfang. Die Schwingkreisspule wird mit Kupferlackdraht von 0,3 mm Durchmesser auf einen HF-Kammerspulenkörper gewickelt. Die Windungszahlen für das 80-m-Band sind im Stromlaufplan angegeben. Die Grenzfrequenz des Transistors *GF 122* liegt bei etwa 30 MHz. Im 80-m-Band wird noch eine einwandfreie Rückkopplung erzielt. Auf dem 40-m-Band gelingt das nur bei ausgesuchten Exemplaren, deren Grenzfrequenz höher

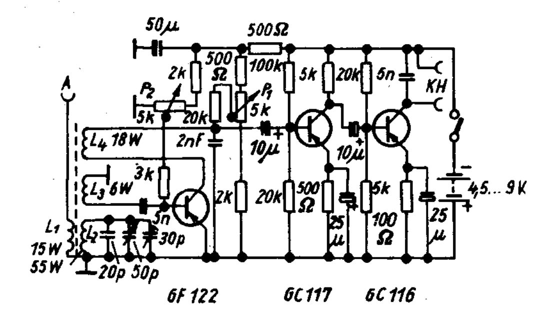


Bild 15.21
Schaltung für einen KW-Empfänger mit Transistoren

ist. Wesentlich bessere Ergebnisse sind allerdings zu erzielen, wenn HF-Transistoren mit wesentlich höheren Grenzfrequenzen verwendet werden.

Der NF-Verstärker weist keine Besonderheiten auf, er arbeitet mit Seriengegenkopplung in beiden Stufen. Zur Audionstufe ist noch folgendes zu sagen: Die Antennenankopplung erfolgt induktiv. Auch die Basiselektrode wird induktiv an den Schwingkreis angekoppelt. Das Regeln der Rückkopplung erfolgt durch Ändern der Kollektorspannung mit dem Potentiometer P 1. Das Potentiometer P 2, mit dem man die Basisvorspannung einstellt, wird auf eine verzerrungsfreie Gleichrichtung des HF-Signals eingeregelt.

# 16. Schaltungen für Prüfgeräte

## 16.1. Einfacher Transistorprüfer

Zur Beurteilung eines Transistors interessieren den Amateur 2 Werte: der Kollektorreststrom $I_{KEO}$ und der Stromverstärkungsfaktor $\beta$. Der Stromverstärkungsfaktor $\beta$ in der Emitterschaltung ist definiert als

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{I_K - I_{KEO}}{I_B - O}$$
$$= \frac{I_K - I_{KEO}}{I_B}.$$

Für die Berechnung des Stromverstärkungsfaktors $\beta$ sind demnach folgende Messungen notwendig

a) Messung des Kollektorreststromes $I_{KEO}$ bei offener Basis ($I_B = 0$),

b) Messung des Kollektorstromes $I_K$ bei einem bestimmten Basisstrom $I_B$.

Eine Schaltung mit der man diese Messungen durchführt, zeigt Bild 16.1. Zur Messung des Kollektorreststromes wird der Schalter S 1 geschlossen, die Schalter S 2 sowie S 3 bleiben offen. Der angezeigte Kollektorreststrom sei 0,5 mA. Dann werden die beiden Schalter S 2 und S 3 zusätzlich geschlossen. Dabei liegt nun die Basis über einen Widerstand von 180 kΩ an der Betriebsspannung von 4,5 V. Der dadurch erzeugte Basisstrom ist

$$I_B = \frac{U}{R} = \frac{4{,}5}{180} = 0{,}025 \text{ mA} = 25 \,\mu\text{A};$$

$U$ in V, $R$ in kΩ.

Als Kollektorstrom werde bei diesem Basisstrom angezeigt $I_K = 2{,}5$ mA. Dann erhält man einen Stromverstärkungsfaktor von

$$\beta = \frac{I_K - I_{KEO}}{I_B}$$
$$= \frac{2{,}5 - 0{,}5}{0{,}025} = \frac{2{,}0}{0{,}025} = 80;$$

$I_K$ in mA, $I_{KEO}$ in mA, $I_B$ in mA.

Der Transistorprüfer kann mit seinen wenigen Bauteilen in einem kleinen Gehäuse aus Holz oder Kunststoff eingebaut werden. Das verwendete Meßinstrument soll einen Endausschlag von 1 mA haben. Für die Kollektorstrommessung wird durch den Schalter S 2 das Meßinstrument auf einen Endausschlag von 5 mA geshuntet. Zur Stromversorgung benutzt man eine Taschenlampen-Flachbatterie von 4,5 V. Der Anschluß des zu messenden Transistors erfolgt über 3 Klemmschrauben.

Mit der gezeigten Schaltung des Transistorprüfers können Transistoren des pnp-Typs gemessen werden. Zur Messung von Tran-

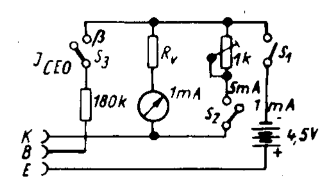



Bild 16.1
Stromlaufplan für einen einfachen Transistorprüfer

Bild 16.2
Transistor-Prüfgerät *Transivar 1* des Kombinats VEB *Funkwerk* Erfurt

sistoren des npn-Typs müssen Batterie und Instrument umgepolt werden. Bild 16.2 zeigt das Transistorprüfgerät *Transivar 1* des Kombinats VEB *Funkwerk* Erfurt, mit dem man Transistoren für die Kleinsignalverstärkung mißt.

## 16.2. Transistor-Voltmeter

Zur hochohmigen (belastungslosen) Messung von Spannungen benutzt man gewöhnlich Röhrenvoltmeter. Solche Schaltungen lassen sich aber auch mit Transistoren verwirklichen. Der Vorteil dabei ist, daß man keinen Netzanschluß braucht und das Voltmeter leicht und klein aufgebaut werden kann.

Bild 16.3 zeigt die Schaltung für ein einfaches Transistor-Voltmeter zur Gleichspannungsmessung. Der Eingangswiderstand ist etwa 150 kΩ/V. Durch die Umschaltung der Vorwiderstände ergeben sich die Meßbereiche 1 V, 10 V und 100 V. Der Transistor arbeitet als Gleichstromverstärker. Das Anzeige-Meßinstrument liegt in einer Brückenschaltung im Kollektorkreis des Transistors. Mit dem parallel zum Meßwerk geschalteten Trimmwiderstand von

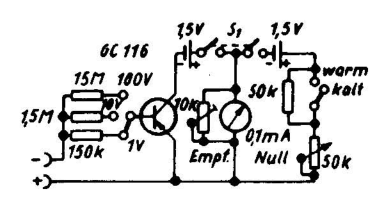



Bild 16.3
Schaltung für ein Transistor-Gleichspannungsvoltmeter

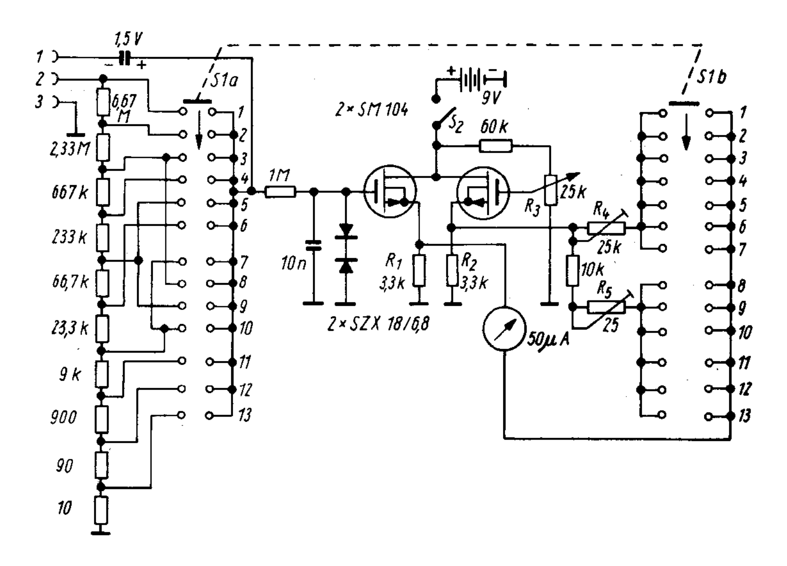



Bild 16.4
Schaltung für ein hochohmiges Gleichspannungs-Transistorvoltmeter (MOSFET-Voltmeter) mit Widerstandsmeßbereichen

10 kΩ wird im Meßbereich von 1 V auf Endausschlag eingestellt. Sind die Werte der Vorwiderstände in Ordnung (etwa 1% Toleranz), so stimmt die Skaleneichung auch in den anderen Meßbereichen.

Da keine besondere Temperaturkompensation vorgesehen ist, muß vor jeder Messung der Zeiger des Meßwertes auf den Skalenwert 0 eingestellt werden. Das geschieht mit dem Potentiometer von 50 kΩ. Reicht bei einer größeren Temperaturerhöhung der Regelbereich nicht aus, so schließt man den Vorwiderstand vor dem Potentiometer durch einen Kippschalter S 2 kurz. Zur Stromversorgung dienen 2 Monozellen von je 1,5 V. Durch einen 2poligen Kippschalter S 1 können die Batterien abgeschaltet werden. Die Bauteile des Transistor-Voltmeters befestigt man auf einer Pertinaxplatte und setzt sie dann in ein passendes Gehäuse ein.

Mit MOSFET-Transistoren kann man ein Transistorvoltmeter prinzipiell wie ein Röhrenvoltmeter aufbauen, und erreicht auch dessen hohen Eingangswiderstand. Da zur Stromversorgung eine kleine Batterie ausreicht, ist ein solches Voltmeter transportabel wie ein Vielfachmesser. Bild 16.4 zeigt ein Schaltungsbeispiel aus der Applikation des Kombinats VEB *Funkwerk* Erfurt, dem Hersteller der MOSFET-Transistoren. Neben den 7 Gleichspannungsmeßbereichen sind noch 6 Widerstandsmeßbereiche vorhanden.

Die beiden MOSFET in Drain-Schaltung sowie die beiden Widerstände $R_1$ und $R_2$ bilden eine Brückenschaltung, die eine gute Anzeigelinearität ergibt und MOSFET-Streuwerte ausgleicht. Das Meßwerk 50 µA liegt über die umschaltbaren Eichregler $R_4$ und $R_5$ zwischen den beiden Source-Anschlüssen. Gegen Überspannung am Eingang ist der Eingangstransistor durch 2 Z-Dioden geschützt. Gleichspannungen werden mit Buchse 2 und Buchse 3, Widerstände mit Buchse 1 und Buchse 3 gemessen.

Für die Widerstandsmessung ist eine separate Batterie vorgesehen.

*Technische Daten*

| | |
|---|---|
| Eingangswiderstand bei Gleichspannung | 10 MΩ |
| Meßbereiche | 1 V bis 1000 V unterteilt in 7 Bereiche |
| Meßfehler | ± 2,5% vom Skalenende |
| Skalenlinearität | ± 2% |
| Nullpunktdrift/h | ± 2% |
| Meßbereiche für Widerstände | 1 bis 10 MΩ unterteilt in 6 Bereiche |
| Meßfehler | ± 5% |
| Stromversorgung | 9 V, etwa 3 mA |

*Schalterstellungen S 1 a/S 1 b*

| | |
|---|---|
| 1— 1 V | 8—100 kΩ bis 10 MΩ |
| 2— 3 V | 9— 10 kΩ bis 1 MΩ |
| 3— 10 V | 10— 1 kΩ bis 100 kΩ |
| 4— 30 V | 11—100 Ω bis 10 kΩ |
| 5— 100 V | 12— 10 Ω bis 1 kΩ |
| 6— 300 V | 13— 1 Ω bis 100 Ω |
| 7—1000 V | |

*Eichregler*

$R_3$ – elektrischer Nullpunktregler des Meßwerks für Gleichspannungs- und/Widerstandsmeßbereiche;

$R_4$ – Regler für Endausschlag des Meßwerks bei den Gleichspannungsmeßbereichen;

$R_5$ – Regler für Endausschlag des Meßwerks bei den Widerstandsmeßbereichen (dabei Kurzschluß Bu 1 bis Bu 3, Skalenwert 0 Ω).

## 16.3. Transistor-Multivibrator

Die Multivibratorschaltung wird in der Elektronik sehr vielseitig angewendet. Der Amateur benutzt diese Schaltung gern als universellen Signalgeber, da sie sehr oberwellenreich ist. Bei geeigneter Dimensionierung reichen die Oberwellen bis in den KW-Bereich. Nähere Ausführungen zum Multivibrator in seiner Anwendung zur Signalzuführung siehe Abschnitt 12.7.

Multivibratorschaltungen mit Transistoren sind ähnlich aufgebaut wie entsprechende Röhrenschaltungen. Bild 16.5 zeigt eine Schaltung für einen mit Transistoren bestückten Multivibrator, dessen Grundfrequenz bei etwa 10 kHz liegt. Die Oberwellen reichen bis in das KW-Gebiet. Neben 2 Transistoren, 3 Kondensatoren und 4 Widerständen wird für den Multivibrator nur noch eine Batterie von 1,5 V benötigt. Diese wenigen Bauteile lassen sich bequem in einem Bandfilterbecher unterbringen, so daß der Multivibrator in Form eines Tastkopfes aufgebaut werden kann. Eine andere Möglichkeit ist der Aufbau in Form eines Prüfstiftes. Bei der Prüfung eines Rundfunkempfängers tastet man dann mit diesem Prüfstift die Steuergitter der Verstärkerröhren an und hört im Lautsprecher den Ton ab. Die Auskopplung des Multivibratorsignals nimmt man über eine Kapazität an einer Kollektorelektrode vor. Da die Grundfrequenz des Multivibrators meist im

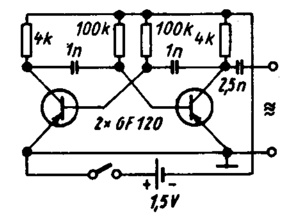



Bild 16.5
Multivibratorschaltung mit 2 Transistoren

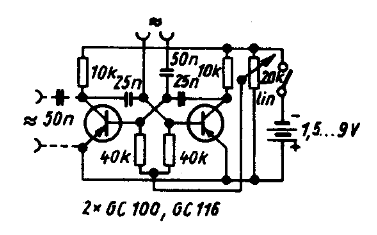



Bild 16.6
Transistor-Multivibrator-Schaltung mit Frequenzregelung

Tonfrequenzbereich liegt, kann man diese Schaltung auch als Tongenerator zur Morseausbildung verwenden. Bild 16.6 zeigt eine Schaltung, deren Grundfrequenz etwa 1000 Hz ist. Da die Basisvorspannung durch das Potentiometer von 20 kΩ geregelt werden kann, läßt sich die Frequenz ändern. Die Auskopplung der Tonfrequenz kann an einer Kollektorelektrode erfolgen oder auch an der Basis. In dieser Schaltung können alle NF-Transistoren verwendet werden. Die Schaltung arbeitet bereits mit einer Betriebsspannung von 1,5 V. Um eine größere Lautstärke zu erzielen, empfiehlt sich die Anwendung einer höheren Spannung.

## 16.4. Transistor-Signalverfolger

Die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten des Signalverfolgers wurden bereits in Abschnitt 12.8. beschrieben. Da der Signalverfolger nichts anderes ist als ein NF-Verstärker, kann er auch mit Transistoren aufgebaut werden. Bild 16.7 zeigt eine dafür geeignete Schaltung. Es handelt sich um einen 3stufigen Transistorverstärker, der einen für HF und NF umschaltbaren Eingang hat. Am Ausgang kann man einen Kopfhörer anschließen. Soll der Transistor-Signalverfolger mit einem Lautsprecher arbeiten, so muß die 3. Transistorstufe als Treiberstufe ausgelegt sein und eine Gegentakt-Endstufe angeschlossen werden.

Die Diodenschaltung im Eingang des Signalverfolgers dient zur Gleichrichtung bei HF-Signalen, da der Verstärkerteil nur Niederfrequenz verarbeiten kann. Sollen NF-Signale verarbeitet werden, so ist durch den Umschalter im Eingang der Diodenteil zu überbrücken und das Signal über den Kondensator von 10 nF an den Eingang des Verstärkers zu legen. Vor der Basis des 1. Transistors liegt der Lautstärkeregler. Auf Grund der großen Verstärkung müssen rauscharme Transistoren verwendet werden. Für die Eingangsstufe empfiehlt sich deshalb der Transistor *GC 117*. Nimmt man Miniaturbauelemente, dann kann man den Signalverfolger in Form eines Tastkopfes aufbauen. Als Gehäuse empfiehlt sich der Abschirmbecher eines Bandfilters. Die Impedanz des Kopfhörers soll etwa 1000 Ω betragen. Bei der Reparatur eines Rundfunkempfängers tastet man mit dem Signalverfolger die einzelnen Stufen, bei der Antenne beginnend, ab. Solange mit dem Signalverfolger noch von der Antenne kommende Signale abgehört werden, sind die Empfängerstufen in Ordnung. Erst wenn der Empfang aussetzt, ist die zuletzt abgetastete Stufe näher zu untersuchen.

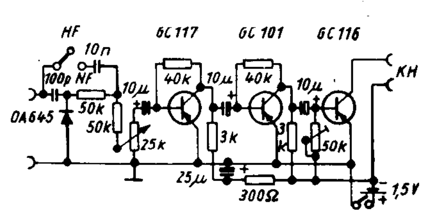



Bild 16.7
Schaltung für einen Transistor-Signalverfolger

## 16.5. Einfacher Prüfgenerator

Mit dem HF-Transistor *GF 122* läßt sich bereits ein einfacher Prüfgenerator verwirklichen, den man zum Abgleich der Zwischenfrequenz sowie der Lang- und Mittelwelle eines Rundfunkempfängers verwenden kann. Für den Aufbau des Transistor-Prüfgenerators sollten, um Rückwirkungen zu vermeiden, 2 Stufen vorgesehen werden. In der 1. Stufe wird die HF-Schwingung erzeugt; in der 2. Stufe erfolgt die Modulation und die HF-Auskopplung.

Bild 16.8 zeigt die Schaltung für einen Transistor-Prüfgenerator. Die Schwingungserzeugung erfolgt zwischen Kollektor und Emitter. Dabei muß die Ankopplung sehr lose sein, damit sich die ändernden Transistor-Kennwerte nicht als Frequenzänderung auswirken. Die Rückkopplungsspule liegt im Kollektorkreis, die Emitterelektrode an einer Anzapfung der Schwingkreisspule. Die Basiselektrode erhält ihre Vorspannung über einen Spannungsteiler. Am Kollektor wird über einen Kondensator von 50 pF die HF ausgekoppelt und einer 2. Transistorstufe mit HF-Transistor zugeführt.

Im Emitterkreis speist man über einen NF-Übertrager eine NF-Spannung zur Modulation ein. Diese NF-Spannung kann ebenfalls mit einer Transistorschaltung verwirklicht werden. Im Kollektorkreis liegt ein Potentiometer, das zur Regelung der abgegebenen HF-Spannung dient.

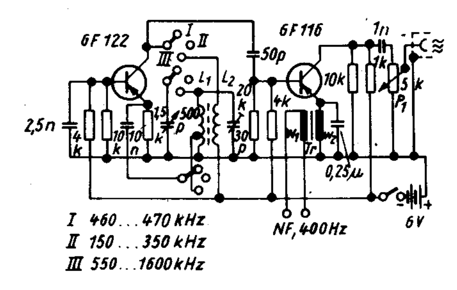



Bild 16.8
Schaltung für einen einfachen Transistor-Prüfgenerator

Mit einem Drehkondensator von 500 pF werden mit 3 umschaltbaren Spulen folgende Frequenzbereiche erfaßt:

I 450 kHz bis 480 kHz,
II 150 kHz bis 400 kHz,
III 500 kHz bis 1600 kHz.

Für die benötigten Spulen braucht man etwa folgende Induktivitätswerte:

| | $L_1$ mH | $L_2$ mH | Serien-*C* pF | Parallel-*C* pF |
|---|---|---|---|---|
| Zwischenfrequenz | 0,4 | 0,15 | 70 | 200 |
| Langwelle | 2 | 0,6 | — | Trimmer |
| Mittelwelle | 0,2 | 0,07 | — | Trimmer |

Die Anzapfung für die Emitterelektrode liegt jeweils an der 15. Windung, vom unteren Ende der Spule aus gerechnet. Für den Modulationsübertrager wird ein Kern *M 30* verwendet. Für die Windungszahlen gelten etwa folgende Angaben:

$w_1$ = 2800 Wdg., 0,1-mm-CuL,
$w_2$ = 700 Wdg., 0,1-mm-CuL,
*M 30*, Dyn.-Bl. IV, 0,35 mm,
wechselseitig geschichtet.

Der Einbau des Prüfgenerators erfolgt in ein kleines Metallgehäuse, damit die Schaltung abgeschirmt ist. Zur Stromversorgung dienen 2 Stabbatterien von je 3 V, so daß die Betriebsspannung 6 V beträgt.

## 16.6. RC-Generator mit MOSFET

Für den Aufbau von NF-*RC*-Generatoren hat sich die Schaltung mit *Wien*-Brücke durchgesetzt. In der Schaltungspraxis mit bipolaren Transistoren jedoch mußte die

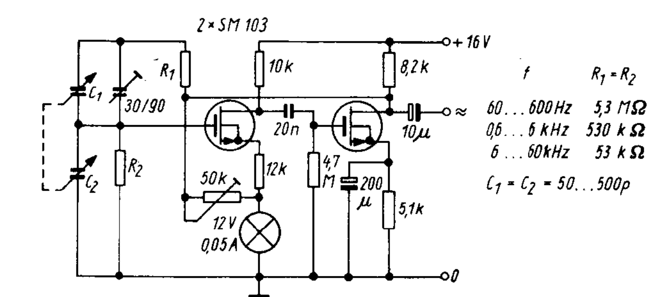



Bild 16.9
Schaltung für einen NF-*RC*-Generator mit MOSFET-Bestückung

*Wien*-Brücke niederohmig ausgelegt werden, so daß an Stelle eines 2fach-Drehkondensators ein nicht ganz einfach zu beschaffendes genaues Doppelpotentiometer einzusetzen war. Mit der Anwendung des hochohmigen MOSFET-Transistors kann nun wieder wie in der Röhrentechnik der 2fach-Drehkondensator zur Bereichsabstimmung verwendet werden. Bild 16.9 zeigt dafür ein Schaltungsbeispiel; folgende Daten wurden damit erreicht:

| | |
|---|---|
| Frequenzbereich | $f = 60$ Hz bis 60 kHz, |
| Ausgangsspannung | $U_{a\,eff} = 1$ V $\pm$ 0,17 dB, |
| Klirrfaktor | $k = 2\%$ bei $f = 1$ kHz, |
| Stromversorgung | 16 V, etwa 1,6 mA. |

Geht man von gleich großen Brückenelementen aus, also $C_1 = C_2 = C$ und $R_1 = R_2 = R$, dann kann man mit folgender Formel auch andere Frequenzbereiche festlegen.

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}.$$

Die Amplitudenstabilisierung der erzeugten Sinusschwingung erfolgt durch die Skalenlampe 12 V/0,05 A. Auch die Frequenzstabilität ist besser als beim Einsatz von bipolaren Transistoren, da beim sehr hochohmigen MOSFET eine nur geringe Rückwirkung auf die frequenzbestimmenden Bauelemente erfolgt.
(Applikationsschaltung aus dem Kombinat VEB *Funkwerk* Erfurt.)

# 17. Stromversorgung von Transistorschaltungen

## 17.1. Stromversorgung mit Batterien

Transistorschaltungen werden in der Amateurpraxis meist aus Batterien betrieben. Dafür gibt es mehrere Gründe. Einmal kann man mit Transistoren kleine und leichte Gerätekonstruktionen verwirklichen, so daß diese Geräte transportabel eingesetzt werden können. Zum anderen benötigen Transistoren nur niedrige Betriebsspannungen, dazu in den meisten Anwendungsfällen auch nur einen geringen Betriebsstrom. Deshalb wird man nur größere Geräte, wie z. B. NF-Leistungsverstärker, vorteilhafter mit einem Stromversorgungsteil für den Betrieb am Stromnetz ausrüsten.

In der Transistorpraxis benutzt man sogenannte Primärelemente als Stromquellen, bei denen durch chemische Vorgänge eine Spannung erzeugt wird. Da Akkumulatoren (Blei-Akkumulator, Nickel-Eisen-Sammler, Nickel-Kadmium-Sammler) erst geladen werden müssen, wird sie der Radiobastler kaum verwenden. Die Primärelemente gibt es in den verschiedensten Ausführungsformen für Spannungen von 1,5 V und als Batterien bis 9 V, spezielle Primärelemente bzw. Batterien haben eine für Transistorschaltungen ausgelegte Entladecharakteristik.

Die Größe der von einem Primärelement abgegebenen Spannung hängt davon ab, wo die beiden Elektrodenmaterialien innerhalb der elektrischen Spannungsreihe stehen. Bei dem üblichen Primärelement mit Zink und Kohle hat diese Spannung die Größe 1,5 V. Ein Nachteil der Primärelemente ist es, daß sie nur begrenzt lagerfähig sind. Der Zinkzylinder wird langsam zerstört, und dadurch verbraucht sich das Element. Deshalb soll man beim Einkauf stets darauf achten, daß man frische Elemente bzw. Batterien erhält. Aus diesem Grund vermerkt das Herstellerwerk auf der Batterie die Wochen- und die Jahreszahl der Herstellungszeit. Batterien, die älter als 3 bis 4 Monate sind, sollte man beim Einkauf überprüfen. Am einfachsten geschieht das mit einer kleinen Skalenlampe entsprechender Spannung, die bei noch gebrauchsfähiger Batterie hell aufleuchten muß.

Batterien mit höherer Spannung entstehen durch Reihenschaltung von 1,5-V-Elementen (Bild 17.1). So enthält die 3-V-Stabbatterie 2 Einzelelemente, die in einem Papprohr hintereinander angeordnet sind. Bei

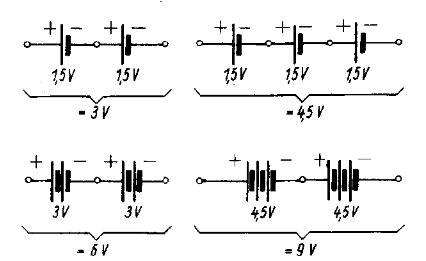



Bild 17.1
Verschiedene Möglichkeiten zur Reihenschaltung von Primärelementen, um die Spannung zu erhöhen

der 4,5-V-Flachbatterie liegen 3 Elemente isoliert nebeneinander und sind in Reihe geschaltet. Natürlich kann man auch selbst solche Primärelemente bzw. Batterien in Reihe schalten, um eine höhere Spannung zu erhalten. Dabei verbindet man immer den Pluspol der einen Batterie mit dem Minuspol der nächsten Batterie. Während sich bei der Reihenschaltung die Spannung vergrößert, kann man durch eine Parallelschaltung die entnehmbare Stromstärke erhöhen. Bei der Parallelschaltung werden die einzelnen Pluspole und die einzelnen Minuspole miteinander verbunden. Die Parallelschaltung sollte man aber nur mit Batterien gleichen Herstellungsdatums ausführen.

Sind die Batterien unterschiedlich abgelagert, so fließen u. U. große Ausgleichsströme, die einzelne Batterien vollständig entladen.

Mit zunehmender Entladung verringert sich die von der Batterie abgegebene Spannung, gleichzeitig erhöht sich deren Innenwiderstand. Das führt bei mehrstufigen Verstärkerschaltungen zu zusätzlichen Verkopplungen über den erhöhten Innenwiderstand der Batterie. Störungen wie Pfeifen, Blubbern usw. sind dann die Folge. Deshalb werden 2 einfache Schaltmaßnahmen angegeben,

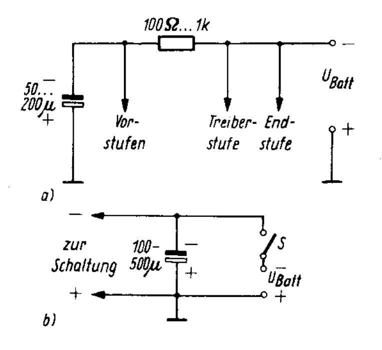



Bild 17.2
Siebglied zur Stromversorgung von Vorstufen (a); Elektrolytkondensator parallel zur Batterie, um den Innenwiderstand der Batterie zu verringern (b)

die diesen störenden Einfluß vermindern. Einmal muß man bei mehrstufigen Verstärkerschaltungen die Vorstufen über Siebglieder entkoppeln (Bild 17.2a). Die Vorstufe arbeitet dann mit etwas geringerer Betriebsspannung, ist aber gegen die nachfolgenden Stufen entkoppelt. Um den Innenwiderstand der Batterie zu verkleinern, schaltet man parallel zu ihr einen Niedervolt-Elektrolytkondensator großer Kapazität. Der Elektrolytkondensator muß aber nach dem Einschalter S angeschlossen werden (Bild 17.2b), damit nicht der Reststrom des Elektrolytkondensators mit der Zeit die Batterie entlädt. Diese beiden Schaltungstips sollte man bei mehrstufigen NF-Verstärkerschaltungen immer anwenden.

Im Bereich von 1,5 V bis 9 V gibt es verschiedene Ausführungen von Primärelementen und Batterien, die sich für Transistorgeräte eignen.

*Gnomzelle 1,5 V*

Das ist das kleinste Element (13 mm Durchmesser, 50 mm lang), das wir für Transistorschaltungen verwenden können. Es hat allerdings eine geringe Kapazität (0,3 Ah), so daß man nur geringe Ströme entnehmen kann. Bevorzugen sollte man die Ausführung Heizelement, das eine günstigere Entladecharakteristik hat als das Normalelement. Die Gnomzelle wenden wir immer dort an, wo es auf kleines Gehäusevolumen des Transistorgerätes ankommt. Zur Stromversorgung von Versuchsschaltungen benutzen wir die Gnomzelle nicht, da die Betriebsstunde zu teuer wird.

*Monozelle 1,5 V*

Dieses robuste Primärelement, vor allem in der Ausführung als Heizelement, eignet sich zur Stromversorgung von größeren Transistorgeräten und von Versuchsschaltungen. Die Monozelle hat eine wesentlich größere Kapazität (2 Ah) als die Gnomzelle, aller-

dings ist sie auch größer (33 mm Durchmesser, 60 mm lang). Höhere Spannungen erhält man durch die Reihenschaltung mehrerer Monozellen. Die Monozellen kann man bequem in einem oder in 2 Papprohren passenden Durchmessers hintereinander anordnen und über federnde Kontakte die Gesamtbatterie im Transistorgerät anschließen. Die Monozellen können aber auch in einem Batteriekasten angeordnet werden, wobei die entsprechenden federnden Kontakte für die Reihenschaltung vorzusehen sind. Für die Stromversorgung von Transistor-Versuchsschaltungen schalten wir 6 Monozellen in Reihe, so daß wir im Abstand von 1,5 V die Spannungen von 1,5 V bis 9 V erhalten.

*Stabbatterie 3 V*

Diese Batterie enthält in einem Papprohr 2 1,5-V-Elemente mit mittlerer Kapazität (21 mm Durchmesser, 75 mm lang). Geeignet ist sie für Transistorgeräte, die mit einer Betriebsspannung von 3 V, 6 V oder 9 V arbeiten.

*Flachbatterie 4,5 V*

Mit einer mittleren Kapazität (0,78 Ah) und den Abmessungen 22 mm × 61 mm × 67 mm eignet sich diese Batterie für Transistorgeräte und für Versuchsschaltungen. Bei 2 hintereinandergeschalteten Flachbatterien hat man die Betriebsspannungen 4,5 V und 9 V zur Verfügung.

*Transistorbatterie 9 V*

Unter dem Namen *Sternchen*-Batterie ist diese Spezialbatterie bekannt, da sie in diesem Taschenempfänger eingesetzt wird. Für Versuchsschaltungen läßt sie sich kaum verwenden, da sie eine geringe Kapazität (0,13 Ah) hat und teuer ist. Das gilt auch für die *Krona*-Batterie, die es für sowjetische Taschenempfänger gibt.

*Batterieanschlüsse*

Bei allen runden Batterieformen ist der Messingkontakt der Pluspol, das Zinkgehäuse der Minuspol. Vor dem Einbau in Aufnahmevorrichtungen muß man die Kontaktflächen mit einem Glashaarpinsel säubern, da sie leicht oxydieren. Die Flachbatterie hat als Anschlüsse 2 Blechfahnen, wobei die kurze den Pluspol, die lange Blechfahne den Minuspol darstellt. Bei den 9-V-Spezialbatterien sind die Anschlußkontakte als Druckknöpfe ausgeführt.

Akkumulatoren werden in der Transistorpraxis selten verwendet, da sie teuer sind. Allerdings haben sie den Vorteil, daß man sie immer wieder neu aufladen kann. Für selbstgebaute Taschenempfänger eignen sich der *Rublag*-Akkumulator (2 V – 0,5 Ah) und die sowjetische Transistorbatterie *7D–01*, die in einem Plastrohr hintereinander angeordnete NC-Knopfzellen enthält und mit Druckknopfkontakten ausgerüstet ist. Der Radiobastler, der viel mit Transistoren experimentiert, könnte sich zwar einen gasdichten NC-Akkumulator anschaffen. Aber da er auch ein entsprechendes Ladegerät benötigt, um den NC-Akkumulator aus dem Stromnetz wieder aufzuladen, ist der Selbstbau eines Transistor-Stromversorgungsgerätes für ihn preiswerter.

## 17.2. Stromversorgung aus dem Stromnetz

Die Stromversorgung für röhrenbestückte Schaltungen wurde bereits in Abschnitt 7. behandelt. Für Transistorschaltungen werden nur niedrige Betriebsspannungen benötigt. Deshalb muß man die Netzspannung (220 V – 50 Hz) über einen Transformator herabsetzen. Dafür eignet sich eigentlich jeder Heiztransformator. Da Transistoren mit Gleichspannung arbeiten, ist die herabgesetzte Wechselspannung gleichzurichten.

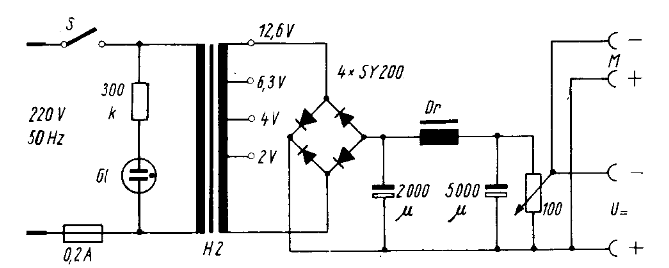



Bild 17.3
Einfaches Stromversorgungsgerät für Transistorschaltungen (*Graetz*- bzw. Brückenschaltung)

Die gleichgerichtete Spannung muß dann noch durch eine Filterschaltung gesiebt werden, damit am Ausgang eine nur geringe Brummspannung auftritt.
In Bild 17.3 ist ein einfaches Netzgerät gezeigt, das man sich leicht selbst bauen kann. Als Transformator wird der Heiztransformator *H 2* (VEB *Elektro-Feinmechanik* Mittweida) verwendet, der die Spannungen 2/4/6,3/12,6 V bei einer maximalen Stromstärke von 1 A abgibt. Auf der Primärseite des Transformators ordnet man den Netz-Einschalter S, ein Sicherungselement mit einer Feinsicherung 0,2 A und eine Glimmlampe mit Vorwiderstand an. Die Glimmlampe Gl dient zur Anzeige der Betriebsbereitschaft des Stromversorgungsgerätes. Die Gleichrichtung der niedrigen Wechselspannung erfolgt mit 4 Silizium-Gleichrichterdioden *SY 200* in *Graetz*-Schaltung. Eine Einweggleichrichtung ist nicht zu empfehlen, weil dann für die Siebung der gleichgerichteten Spannung ein hoher Aufwand erforderlich ist. Als Siebelektrolytkondensatoren dienen Niedervolt-Elektrolytkondensatoren von mindestens 2000 µF für eine Betriebsspannung von wenigstens 15 V. Die Siebdrossel Dr muß man sich selbst anfertigen, da sie im Handel nicht erhältlich ist. Auf einen Trafokern *M 55* oder *M 65* bringt man Kupferlackdraht, 0,8 mm Durchmesser, auf, bis der Wickelkörper vollgewickelt ist. Um die Ausgangs-Gleichspannung regeln zu können, ordnet man ein Drahtpotentiometer 100 Ω an. Parallel zu den Ausgangsbuchsen liegt ein Buchsenpaar M. Ein dort angeschlossener Spannungsmesser zeigt die Größe der eingestellten Ausgangsspannung an. Die Schaltung kann man auf einem Holzbrett montieren oder in ein Gehäuse einbauen.
Bei der Stromversorgungsschaltung nach Bild 17.4 wird zur Gleichrichtung die Mittelpunktschaltung angewendet, so daß 2 Gleichrichterdioden entfallen können. Allerdings muß die Sekundärwicklung des

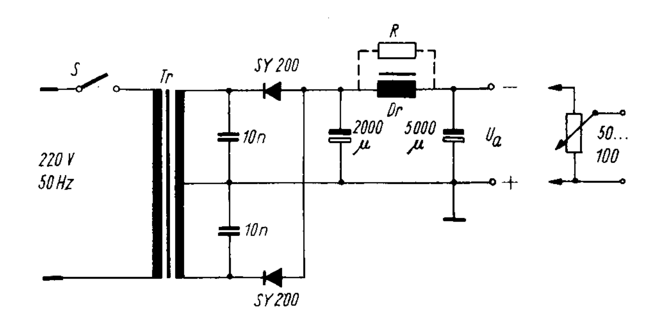



**Bild 17.4**
Einfaches Stromversorgungsgerät für Transistorschaltungen (Mittelpunktschaltung)

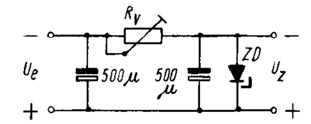


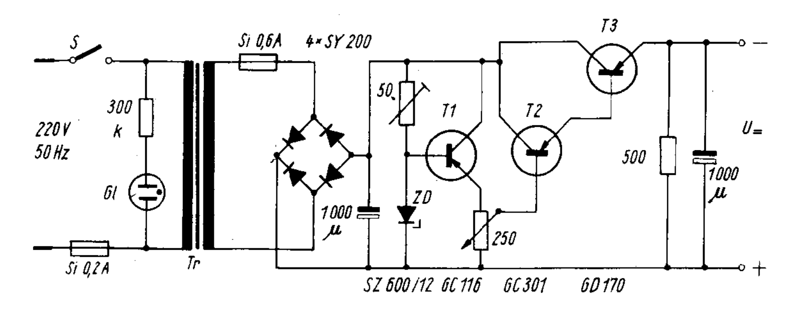

Bild 17.5
Gewinnung einer stabilisierten Ausgangsspannung mit einer Z-Diode

Netztransformators eine Mittelanzapfung aufweisen, und die für eine bestimmte Ausgangsgleichspannung erforderliche Wechselspannung muß zweimal vorhanden sein. Soll z. B. die Ausgangsgleichspannung 12 V sein, so ist die Sekundärseite des Netztransformators etwa wie folgt zu dimensionieren:

*Graetz*-Schaltung 1 × 14 V,
Mittelpunktschaltung 2 × 14 V.

An Stelle der Drossel Dr kann auch zur Siebung ein niederohmiger Widerstand verwendet werden, aber bei der Dimensionierung der Schaltung ist zu berücksichtigen, daß bei Belastung an diesem Widerstand ein vom durchfließenden Strom abhängiger Spannungsabfall auftritt.
Soll die vom Stromversorgungsteil abgegebene Gleichspannung bei wechselnder Belastung konstant bleiben, so ist die Gleichspannung zu stabilisieren. Die einfachste Möglichkeit besteht in der Anwendung einer Z-Diode, wie es Bild 17.5 zeigt. Diese Z-Diode ist über einen Vorwiderstand anzuschließen, der gleich als Siebwiderstand eingesetzt werden kann. Die Größenordnung für diesen Vorwiderstand $R_v$ berechnet man, indem man von der Eingangsspannung die Z-Dioden-Spannung subtrahiert, und den erhaltenen Spannungswert durch den Stromwert dividiert, der gebildet wird als Summe von Belastungsstrom und Strom durch die Z-Diode. Als Z-Diode verwendet man den Typ *SZ 600* des Kombinats VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder), den es für folgende Spannungswerte (in V) gibt: 5,1 – 5,6 – 6,2 – 6,8 – 7,5 – 8,2 – 9,1 – 10 – 11 – 12 – 13 – 15 – 16 – 18 – 20 – 22.
Für die Versuchsarbeit des Radiobastlers genügt die Schaltung nach Bild 17.3 oder Bild 17.4. Allerdings wird im regelbaren Widerstand zur Spannungseinstellung unnötig Strom verbraucht, außerdem ist die Ausgangsspannung lastabhängig. Eine Verbesserung bringt die Anwendung von Transistoren im Stromversorgungsgerät. Dadurch vereinfacht sich die Regelung der Ausgangsspannung und die Siebung der gleichgerichteten Spannung. Außerdem ist die Ausgangsspannung weitgehend lastunabhängig. Da die benötigten Transistoren preiswert sind, wird dieses Stromversorgungsgerät nicht wesentlich teurer. Bild 17.6 zeigt eine geeignete Schaltung, die vom Kombinat VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt

Bild 17.6
Stabilisiertes Stromversorgungsgerät für Transistorschaltungen (belastbar bis etwa 0,5 A)



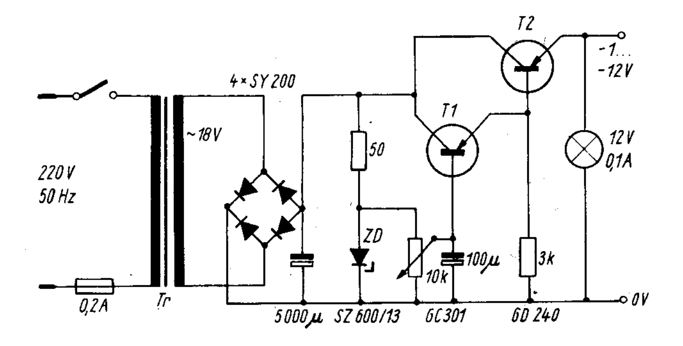



Bild 17.7
Stabilisiertes Stromversorgungsgerät für Transistorschaltungen (12 V, belastbar bis etwa 1 A)

(Oder) veröffentlicht wurde. Bis zur Gleichrichtung entspricht diese Schaltung Bild 17.3. Anschließend folgt die Transistor-Regelschaltung für einen maximalen Ausgangsstrom von etwa 0,5 A.

Zur Stabilisierung wird eine Z-Diode *SZ 600/12* eingesetzt. Mit dem Trimmpotentiometer 50 Ω (Drahtausführung) regelt man den Strom durch die Z-Diode auf etwa 80 bis 100 mA ein. Der Transistor $T_1$ entkoppelt den Regelwiderstand 250 Ω, mit dem man die gewünschte Ausgangsspannung einstellt. $T_2$ ist der Steuertransistor, der den als regelbaren Vorwiderstand für die Ausgangsspannung wirkenden Transistor $T_3$ steuert. Der Widerstand 500 Ω ist der Vorlastwiderstand für die Ausgangsspannung. Parallel zum Ausgang kann man wieder ein Buchsenpaar schalten, an das ein Spannungsmesser angeschlossen werden kann. Die Gleichrichterdioden, die Z-Diode und den Transistor $T_3$ muß man auf Kühlbleche, mindestens je 50 cm² Fläche und 2-mm-Alublech, montieren.

Eine ähnliche Schaltung zeigt Bild 17.7. Hier liegt das Potentiometer zur Spannungseinstellung direkt parallel zur Z-Diode, so daß ein Transistor entfallen kann. Schaltungen dieser Art haben einen Nachteil; sie sind nicht kurzschlußfest. Man darf also den Ausgang nicht kurzschließen, weil sonst noch vor dem Durchbrennen der Feinsicherung der Transistor *GD 240* zerstört wird. Mittels der Skalenlampe 12 V/0,1 A ist der Ausgang vorbelastet. Dadurch kann in Verbindung mit dem Widerstand 3 kΩ die Ausgangsspannung fast bis auf 0 V eingestellt werden.

Für die Transistoren eignen sich Typen aus dem verwertbaren Ausschuß. Der Transistor *GC 301* soll einen geringen Reststrom sowie eine Stromverstärkung größer 50 haben. Der *GD 240* ist auf ein Kühlblech aus 2 mm Alublech zu montieren. Die Schaltung kann im Dauerbetrieb bis etwa 500 mA belastet werden, kurzzeitig auch bis 1 A. Falls man im fertigen Gerät keinen Spannungs- und keinen Strommesser einbaut, läßt sich auch die Skale für das Potentiometer in V Ausgangsspannung eichen. Sollte beim Arbeiten mit empfindlichen NF-Verstärkerschaltungen ein Brummen auftreten, so kann es mit einem Kondensator 10 nF parallel zur Sekundärwicklung oder auch vom Kühlblech zum Massepunkt meist beseitigt werden.

Mit diesem Gerät lassen sich auch bequem kleine Bleiakkumulatoren oder kleine NC-Sammler aufladen.

Für Transistorverstärker höherer Ausgangsleistung sind aus ökonomischen Gründen Primärelemente zur Stromversorgung nicht geeignet, ebenso scheiden Akkumulatoren wegen der Gasbildung aus. Der in Bild 17.8

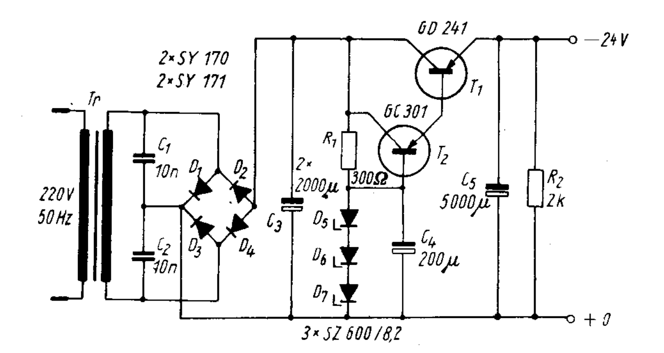



Bild 17.8
Stabilisiertes Stromversorgungsteil für eisenlose NF-Verstärker (24 V, belastbar bis etwa 2,5 A)

vorgestellte Netzteil ist zur Stromversorgung von NF-Verstärkern mit eisenloser Endstufe bis etwa 20 W (oder 2×10 W Stereobetrieb) geeignet; die Schaltung wurde vom Kombinat VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) veröffentlicht. NF-Verstärker dieser Art werden vorwiegend im B-Betrieb arbeiten, so daß der Netzteil einen geringen Innenwiderstand aufweisen muß. Erfüllt wird diese Forderung durch den reichlich dimensionierten Netztransformator und durch den Einsatz der modernen Silizium-Kfz-Gleichrichterdioden *SY 170/171*. Für den Betrieb eines eisenlosen NF-Verstärkers genügt schon die Schaltung bis zum Ladekondensator $C_3$.

Sollen höhere Ansprüche an Stabilität und Brummfreiheit der Gleichspannung erfüllt werden, kann man die angegebene Serienstabilisierungsschaltung $C_3$ nachfolgen lassen. Mit der angegebenen Dimensionierung ändert sich die Ausgangsspannung bei einer Belastung bis zu 2,5 A nur um 0,75 V. Das entspricht einem Innenwiderstand des Netzteils von etwa 0,3 Ω. Das Kühlblech für $T_1$ besteht aus 2-mm-Alublech bei einer Fläche von 200 cm². Für den Netztransformator verwendet man den Kerntyp *M 85a*. Primärseitig sind für 220 V dann 960 Wdg., 0,4-mm-CuL, aufzubringen. Die Sekundärwicklung hat 110 Wdg., 1,2-mm-CuL.

Gut geeignet für den Radiobastler ist die Schaltung für eine stabilisierte Stromversorgung nach Bild 17.9, die auf eine Firmenveröffentlichung zurückgeht und entsprechend umdimensioniert wurde. Der große Vorteil dieser Schaltung besteht darin, daß sie kurzschlußfest ist. Der Leistungstran-

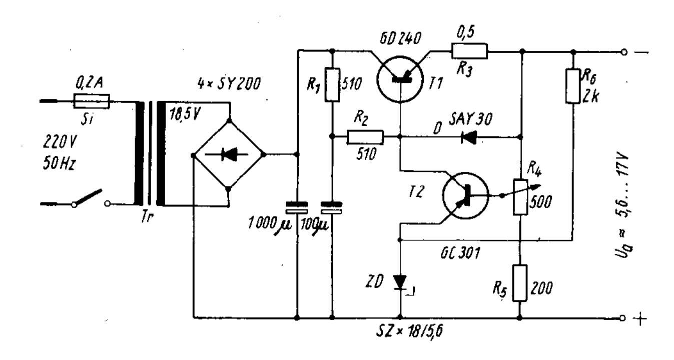



Bild 17.9
Schaltung für ein stabilisiertes, kurzschlußfestes Stromversorgungsteil für Transistorschaltungen (5,6 bis 17 V, belastbar bis etwa 0,5 A)

sistor $T_1$ arbeitet für die Belastung als Vorwiderstand, wobei der Steuertransistor $T_2$ ihn so steuert, daß die Ausgangsspannung konstant bleibt. Zu diesem Zweck besteht die Basis-Emitter-Spannung des Steuertransistors aus der Differenz von konstanter Z-Diodenspannung und geteilter Ausgangsspannung ($R_4/R_5$). Damit bewirken Ausgangsspannungsänderungen entsprechende Kollektorstromänderungen an $T_2$ zur Steuerung von $T_1$. Die Strombegrenzung wird erreicht durch $R_3$ und die Siliziumdiode D. Allerdings darf der Kurzschluß nur kurzzeitig wirken, da sich sonst $T_1$ zu stark erwärmt.

Mit den angegebenen Werten kann die Ausgangsspannung zwischen 5,6 und etwa 17 V bei einer Belastung bis etwa 0,5 A verändert werden. Allerdings ist die Schaltung variabel, wenn man andere Halbleitertypen für die Z-Diode und für $T_1/T_2$ verwendet. Das Kühlblech für $T_1$ hat die Abmessung 120 mm × 60 mm, und besteht aus 2-mm-Alublech. Die Sekundärwicklung des Netztransformators gibt eine Spannung von etwa 18,5 V ab bei einer maximalen Strombelastung von etwa 1 A. Bild 17.10 zeigt eine Platine mit den Bauteilen dieser stabilisierten Stromversorgungsschaltung. Eingebaut wurde diese Schaltung in ein mit Kunststoffolie bezogenes Koffergehäuse, das noch einen Strommesser bis 100 mA und einen Spannungsmesser mit den Meßbereichen 6 – 12 – 30 V enthält (Bild 17.11 und Bild 17.12).

Mit den angegebenen regelbaren und stabilisierten Stromversorgungsgeräten können auch die kleinen 2-V-Akkumulatoren (*Ruhlag*), Knopfzellen usw. geladen werden. Zum Laden größerer Bleibatterien oder größerer NC-Sammler benötigt man ein Ladegerät, das den entsprechenden Strom liefern kann. Bild 17.13 zeigt eine vom Kombinat VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) veröffentlichte Schaltung, die bei 6 V bis etwa 10 A und bei 12 V bis etwa 6 A belastbar ist (mit Amperemeter Ladevorgang kontrollieren!).

Für Batterieladegeräte sind die Einpreßdioden *SY 170/171* (Silizium-Kfz-Dioden) gut geeignet. Sie können einfach in Kühlbleche eingedrückt werden. Auf Grund der unterschiedlichen Polarität der Einpreßdioden benötigt man bei Mittelpunktschaltung 1 Kühlblech, bei Brücken- (*Graetz*-) Schaltung nur 2 Kühlbleche. Die Kühl-

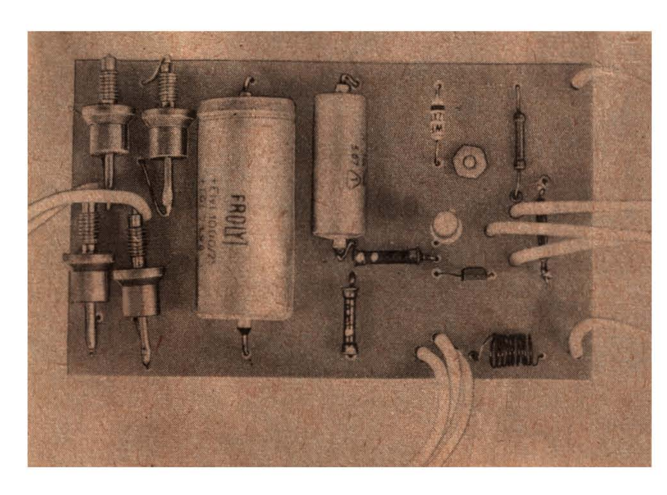


Bild 17.10
Ansicht der bestückten Platine zu Bild 17.9

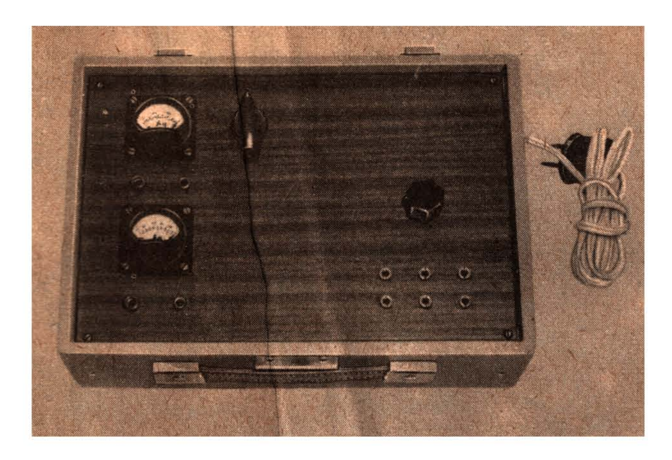


Bild 17.11
Stromversorgungsgerät für Transistorschaltungen mit eingebautem Strom- und Spannungsmesser

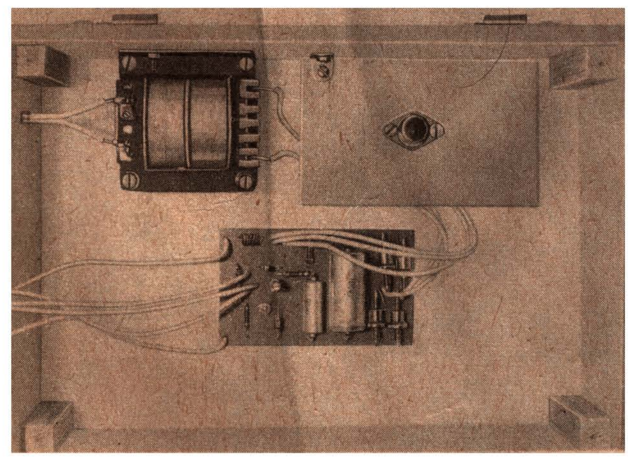


Bild 17.12
Blick in das Stromversorgungsgerät mit der Schaltung nach Bild 17.9

bleche haben die Abmessungen 140 mm × 70 mm × 2 mm und bestehen aus Alublech. Um einen ausreichenden Ladestrom zu erhalten, wird für den Netztransformator ein Kerntyp *M 102b* verwendet. Primär: 800 Wdg., 0,6-mm-CuL; Abgriffe bei den Windungszahlen 500 – 550 – 600 – 650 – 700. Sekundär: 2 × 16 Wdg., 2,0-mm-CuL.
Da der gesamte Ladestromkreis – Transformator, Gleichrichterdioden und Akkumulator – sehr niederohmig ist, hängt der erzielbare Ladestrom stark vom Ladezustand der Akkumulatoren und vor allem von Länge und Querschnitt der Batteriezuleitungen ab. Deshalb muß man eine Einstellmöglichkeit für den Ladestrom vorsehen. Eine Einstellung des Ladestromes mit einem veränderbaren Vorwiderstand ist infolge des hohen Stromes unzweckmäßig. Aus dem gleichen Grund entfällt auch eine Umschaltung von Anzapfungen der Sekundärwicklung. Wesentlich einfacher läßt sich eine Umschaltung von Anzapfungen auf der Primärseite realisieren. Die Umschaltung muß aber mit einem

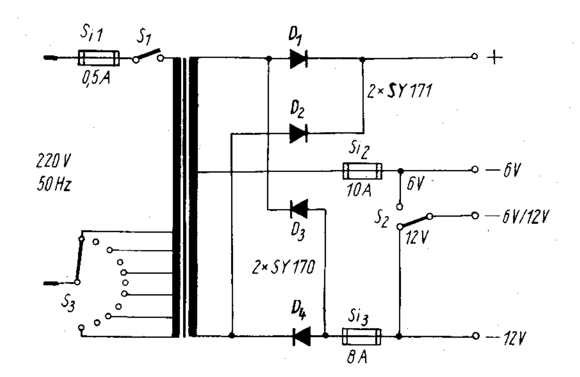



Bild 17.13
Schaltung eines Ladegerätes für Kfz-Batterien, bei 6 V bis 10 A belastbar, bei 12 V bis 6 A belastbar

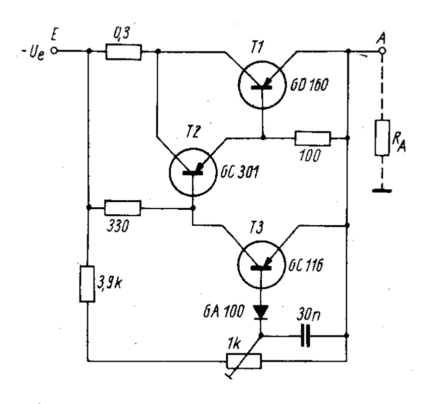



Bild 17.14
Schaltung für eine elektronische Zweipolsicherung

Schalter mit nicht angeschlossenen Zwischenkontakten erfolgen, um kurzzeitige Kurzschlüsse von Windungen zu vermeiden.
Die Umschaltung des Ladegerätes auf 6 V oder 12 V erfolgt durch Umschalten der Gleichrichterdioden in Mittelpunkt- oder in Brückenschaltung mit dem Schalter S 2, bzw. durch Anklemmen der Drähte an die Buchsen −6 V oder −12 V.
Bei transistorisierten Stromversorgungsteilen ist es üblich, den Netzteil und vor allem die elektronische Stabilisierungsschaltung durch eine elektronische Sicherung zu schützen. Übliche Schmelz-Feinsicherungen sind zu träge, um bei einem Kurzschluß wirksam zu schützen. Die in Bild 17.14 gezeigte Schaltung entspricht der üblichen 2poligen Sicherung. Sie kann an jeden Transistornetzteil angeschlossen werden, aber auch als separates Gerät verwendet werden. Der von E nach A fließende Laststrom erzeugt über $R_1$ und $T_1$ einen vom Laststrom abhängigen Spannungsabfall. $T_1$ und $T_2$ bilden eine *Darlington*-Schaltung, so daß für $T_1$ nur eine geringe Stromverstärkung erforderlich ist.
Solange $T_3$ sperrt, wird $T_1$ über den Widerstand 330 Ω sicher gesättigt. Steigt der Laststrom so weit an, daß am Punkt P eine Spannung

$$U_P \geqq U_D + U_{BE}$$

($U_D$ – Durchlaßspannung der Diode, $U_{BE}$ – Basis-Emitter-Einsatzspannung von $T_3$) entsteht, wird $T_3$ leitend, und $T_1$ sperrt. Dieser Zustand wird so lange aufrechterhalten, bis man die Last kurzzeitig abschaltet. Eine Verringerung der Last kann die Sicherung nicht zurückstellen. Der Abschaltstrom der elektronischen Sicherung läßt sich mit dem Potentiometer 1 kΩ in weiten Grenzen einstellen. Für Abschaltströme größer als 0,5 A kann der Widerstand $R_1$ entfallen, da die Restspannung an $T_1$ schon ausreicht, um die elektronische Sicherung auszulösen.

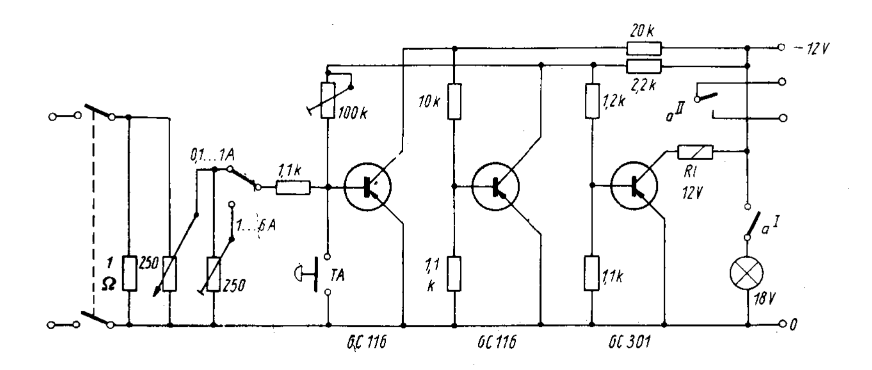



Bild 17.15
Schaltung für eine universell anwendbare elektronische Sicherung

Eine universell verwendbare Schaltung für eine elektronische Sicherung zeigt Bild 17.15. Der Strom wird anstatt über eine Schmelz-Feinsicherung über einen Widerstand von etwa 1 Ω geleitet. Dadurch entsteht an diesem Widerstand ein Spannungsabfall, den man zur Steuerung der elektronischen Sicherung ausnutzt. Dazu führt man über einen 2stufigen Spannungsteiler die Spannung einem Schwellwertschalter zu. Wird die Auslösespannung des Schwellwertschalters überschritten (etwa 100 mV), so zieht das Relais beim Umkippen der Schaltung an. Mit den Relaiskontakten wird dann der Stromkreis der abgesicherten Schaltung unterbrochen. Mit der Taste Ta kann der Schwellwertschalter wieder in seine Ausgangsstellung gebracht werden. Das Potentiometer 250 Ω dient zur Einstellung der Auslösestromstärke, der Umschalter ermöglicht die Bereiche »0,1 bis 1 A« und »1 bis 6 A«. Die elektronische Sicherung muß aus einem eigenen Stromversorgungsteil gespeist werden. Durch den Einsatz dieser Schaltung lassen sich bei damit abgesicherten Geräten Überlastungen vermeiden, da diese Schaltung bei Überströmen wesentlich schneller reagiert als eine Schmelz-Feinsicherung.

# 18. Schaltungen mit Transistoren 2. Wahl und Transistor-Kleinbausteine

Bei der Fertigung von Transistoren fällt eine größere Anzahl Transistoren an, die nicht den in den Katalogen angegebenen Transistordaten entsprechen. Solche Transistoren können für die industrielle Fertigung von Geräten nicht verwendet werden, da sie sich nicht ohne Schwierigkeiten austauschen lassen. Aber für die Amateurpraxis, wo meist nur ein einzelnes Gerät aufgebaut wird, genügen solche in den Daten abweichende Transistoren vollauf, wenn sie elektrisch in Ordnung sind.

## 18.1. Transistoren ohne nähere Bezeichnung

Die in den Jahren 1960 und 1961 für Amateurzwecke ausgelieferten Transistoren hatten keine nähere Bezeichnung. Bei der rechteckigen und der runden Bauform unterschied man lediglich durch den farbigen Firmenstempel den Verwendungszweck.

*Rechteckige Bauform*

25-mW-NF-Transistor
roter Firmenstempel »HWF«
50-mW-NF-Transistor
gelber Firmenstempel »HWF«
100-mW-NF-Transistor
grüner Firmenstempel »HWF«

*Runde Bauform*

150-mW-NF-Transistor
grüner Firmenstempel »HWF«
HF-Transistor (3 MHz)
grüner Firmenstempel »HWF«

Diese Transistoren wurden für den Amateur preisgünstig gehandelt. Die Typen 2. Wahl entsprachen etwa folgenden in den Katalogen aufgeführten Transistortypen:

| | |
|---|---|
| 25 mW | *OC 810* bis *OC 814* |
| 50 mW | *OC 815* bis *OC 818* |
| 100 mW | *OC 820* bis *OC 823* |
| 150 mW | *OC 824* bis *OC 829* |
| HF-Typ | *OC 870* und *OC 871* |

## 18.2. Transistoren der LA-Reihe

Vom VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) wurde seit der Leipziger Herbstmesse 1962 eine Typenreihe von Germanium-Flächentransistoren geliefert, die speziell für Lehrzwecke und für den Amateurbedarf gedacht sind. Sie sollen also nicht für den Einbau in Serien- oder kommerzielle Geräte verwendet werden. Diese Transistoren sind vollwertige Bauelemente, nur etwas gröber toleriert als die garantiepflichtigen Bauelemente. Sie können daher vom Amateur auch in anspruchsvolleren Schaltungen benutzt werden. Wesentlich für den Amateur ist es, daß er diese Transistoren in den Fachgeschäften zu verbilligten Sonderpreisen kaufen kann. Als Bezeichnung dieser Transistoren wählte man damals die Buchstaben »LA« und Ziffern, die die maximale Verlustleistung des Typs angeben. Die im Anhang aufgeführte

Transistortabelle umfaßt auch die lieferbaren LA-Transistoren. Für die einzelnen LA-Typen gibt der Herstellerbetrieb folgenden Verwendungszweck an:

| Alte Bezeichnung | | Neue Bezeichnung |
|---|---|---|
| LA 25 | NF-Transistor für Vorstufen | LC 810 |
| LA 50 | NF-Transistor für kleine Endstufen | LC 815 |
| LA 100 | NF-Transistor für mittlere Endstufen | LC 824 |
| LA 1 | NF-Leistungstransistor | LD 830 |
| LA 4 | NF-Leistungstransistor | LD 835 |
| LA 30 | HF-Transistor (3 MHz) | LF 871 |

Die heute gehandelten Transistoren 2. Wahl haben keine Bezeichnungen mehr, sondern werden entsprechend dem produzierten Typenangebot gehandelt. Eine Übersicht des Angebots enthält die Einleitung zum Transistorteil dieses Buches.

Im Rahmen der Konsumgüterproduktion hat das Kombinat VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) die Aufgabe übernommen, für den Bastlerbedarf sogenannte Halbleiter-Bastlerbeutel zu produzieren. Diese enthalten neben einer bestimmten Stückzahl an Halbleitern 2. Wahl auch eine Broschüre mit Schaltungen für den praktischen Einsatz dieser Halbleiter 2. Wahl (Bild 18.1). Zur Zeit werden folgende Halbleiter-Bastlerbeutel produziert:

*Halbleiter-Bastlerbeutel Nr. 1*

Dieser Beutel enthält Germanium-pnp-Transistoren kleiner Leistung, und zwar 11 Stück mit $P_{tot} = 50$ bis 120 mW und 3 Stück mit $P_{tot} = 400$ mW (roter Punkt). Die Transistoren haben kleine bis mittlere Stromverstärkungswerte und weisen einen höheren Reststromwert auf. Mitunter werden von den Transistoren die garantierten Durchbruchsspannungswerte nicht erreicht. Die Transistoren kleinerer Leistung entsprechen etwa dem Typ *GC 100/123*, der 400-mW-Transistor ist der Typ *GC 301*. Geeignet sind diese Transistoren zur Bestückung von NF-Verstärkerschaltungen, für Prüfgeräteschaltungen und für Elektronikschaltungen. Der Preis des Beutels beträgt 7,50 M.




Bild 18.1
Teilansicht des Inhalts des Halbleiter-Bastlerbeutels Nr. 6; oben Anleitungsheft mit den Schaltungen, unten die Miniplasttransistoren aus dem Beutel

*Halbleiter-Bastlerbeutel Nr. 2*

Der Inhalt des Beutels besteht aus 10 Stück Germanium-pnp-Transistoren für HF-Anwendungen, und zwar 6 Stück HF-Transistoren mit 3 Anschlüssen (entsprechen etwa *GF 100/105*), 2 Stück HF-Drift-Transistoren mit 4 Anschlüssen (entsprechen etwa *GF 122/181*) und 2 Stück UKW-Drift-Transistoren (rot gekennzeichnet, entsprechen etwa *GF 130/132*). Die elektrischen Werte siehe bei Bastlerbeutel Nr. 1. Diese HF-Transistoren eignen sich für Empfängerschaltungen vom Langwellenbereich bis hin zum UKW-Bereich, außerdem für AM/FM-ZF-Verstärker. Mitunter erreichen die HF-Transistoren nicht die Transitfrequenz entsprechend dem Datenblatt, man muß deshalb für höhere Frequenzen geeignete Transistoren aussuchen. Der Preis des Beutels beträgt 10,– M.

Der UHF-Mesa-Transistor entsprechend dem Typ *GF 145/147* ist im Handel einzeln zum Preis von 3,80 M erhältlich.

*Halbleiter-Bastlerbeutel Nr. 3*

In diesem Beutel sind Germanium-pnp-Leistungstransistoren enthalten, und zwar 2 Stück vom 1-W-Typ (entsprechen etwa dem Typ *GD 100/130*), 2 Stück vom 5,3-W-Typ (roter Farbpunkt, entsprechen etwa dem Typ *GD 150/180*) und 1 Stück vom 10-W-Typ (blauer Farbpunkt oder größeres Gehäuse, entspricht etwa dem Typ *GD 240/244*). Die elektrischen Werte siehe bei Bastlerbeutel Nr. 1. Für die Durchbruchsspannung $U_{CES}$ wird ein maximaler Wert angegeben von 15 V, mitunter aber haben sie höhere Werte (ausmessen!). Geeignet sind diese Transistoren für NF-Verstärker-Endstufen höherer Leistung, für elektronisch stabilisierte Netzteile und für Elektronikschaltungen. Der Preis des Beutels beträgt 7,10 M.

*Halbleiter-Bastlerbeutel Nr. 4*

Der Inhalt des Beutels besteht aus Halbleitergleichrichtern für kleine Ströme. Es sind vorhanden 4 Stück Germaniumgleichrichter 0,1 A (entsprechen dem Typ *GY 099/105*), 4 Stück Germaniumgleichrichter 1,0 A (entsprechen dem Typ *GY 109/115*) und 4 Stück Siliziumgleichrichter 1,0 A (entsprechen dem Typ *SY 200/210*). Diese Halbleitergleichrichter haben keinen garantierten Wert der Sperrspannung, auf diesen Wert müssen die Dioden ausgemessen werden. Geeignet sind diese Halbleitergleichrichter zum Gleichrichten einer Wechselspannung, wobei die Werte von maximaler Sperrspannung und maximalem Durchlaßstrom zu beachten sind. Der Preis des Beutels beträgt 8,– M.

*Halbleiter-Bastlerbeutel Nr. 5*

Der Beutel enthält 4 Stück Siliziumgleichrichter für Durchlaßströme bis 10 A. Damit entsprechen diese Halbleitergleichrichter dem Typ *SY 160/166*. Die erreichbare Sperrspannung muß ausgemessen werden. Anwendbar sind diese Halbleitergleichrichter für Stromversorgungsteile bei höheren Strömen und für Kfz.-Akkumulator-Ladegeräte. Der Preis des Beutels beträgt 15,– M.

*Halbleiter-Bastlerbeutel Nr. 6*

Enthalten sind in diesem Beutel 20 Stück Silizium-npn-Miniplasttransistoren für NF-, HF- und Schalteranwendung. Die Transistoren entsprechen etwa den Typen *SC 206/207*, *SF 215/216* und *SS 200/202*. Im beiliegenden Schaltungsheft sind die Grundparameter angegeben, nach denen diese Transistoren ausgemessen wurden. Der Preis des Beutels beträgt 9,90 M.

*Halbleiter-Bastlerbeutel Nr. 7*

In diesem Beutel befinden sich metallverkappte Silizium-npn-Transistoren, und zwar 6 Stück 300-mW-Transistoren (kleines Ge-

häuse, sie entsprechen den Typen *SF 131/137* und *SS 106/109*) und 6 Stück 600-mW-Transistoren (größeres Gehäuse, sie entsprechen den Typen *SF 021/129* und *SS 120/126*). Diese Transistoren haben wie die des Beutels Nr. 6 einen höheren Reststrom und eine Durchbruchsspannung von 10 V. Geeignet sind sie für NF- und HF-Anwendungen und für den Einsatz in Elektronikschaltungen. Der Preis des Beutels beträgt 10,30 M.

*Halbleiter-Ergänzungsbeutel*

Da den einzelnen Halbleiter-Bastlerbeuteln ein Schaltungsheft beiliegt, das man ja nur einmal benötigt, hat man für den Nachkauf von Transistoren sogenannte Ergänzungsbeutel in das Lieferprogramm des Kombinats VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) aufgenommen. Ein solcher Beutel enthält eine geringere Stückzahl an Halbleiter-Bauelementen, und es entfällt das Schaltungsheft. Begonnen wurde mit der Auslieferung des Ergänzungsbeutels Nr. 6, der 10 Stück Silizium-npn-Miniplasttransistoren enthält, der Preis ist 4,70 M.

## 18.3. Praktische Schaltungen mit Transistoren 2. Wahl

Vom VEB *Halbleiterwerk* Frankfurt (Oder) wurden für die Anwendung der Transistoren 2. Wahl eine Anzahl erprobter Schaltungen bekanntgegeben. Natürlich lassen sich diese Transistoren auch in den anderen hier im Buch gezeigten Transistorschaltungen einsetzen.

### 18.3.1. Pärchenmessung

Für den Aufbau von Gegentakt-Endstufen benötigt man 2 Transistoren eines Typs, die etwa gleiche Kollektorströme aufweisen.

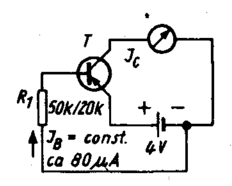



Bild 18.2
Schaltung zum Ausmessen von Transistorpärchen für Gegentaktschaltungen

Sonst sind Verzerrungen infolge der unsymmetrischen Arbeitsweise nicht zu vermeiden. Die Messung des Kollektorstromes kann nach der Schaltung Bild 18.2 erfolgen. Der Quotient, gebildet aus den beiden Kollektorströmen, soll zwischen 0,8 und 1,25 liegen. Für den Basiswiderstand von 50 kΩ ist ein Kollektorstrom zwischen 1 und 10 mA, für den Basiswiderstand von 20 kΩ ein Kollektorstrom zwischen 2 und 30 mA zu erwarten. Die Betriebsspannung der Meßschaltung beträgt etwa 4 V, entspricht also 2 Kleinakkumulatoren oder einer Flachbatterie.

$$\frac{I_{c1}}{I_{c2}} = 0{,}8 \text{ bis } 1{,}25\,;$$

$I_{c1}$, $I_{c2}$ = Kollektorströme der einzelnen Transistoren.

### 18.3.2. Audionstufe

Die Audionstufe nach Bild 18.3 ist eine empfindliche Empfangsschaltung mit einer Rückkopplung. Die Rückkopplungsregelung erfolgt durch 1 Potentiometer, womit die Basisvorspannung verändert wird. Der Aufbau der Schwingkreisspulen auf dem Ferritstab (etwa 10 mm Durchmesser, 60 mm lang) geht aus Bild 18.3 hervor. Für $w_1$ sind etwa 90 Wdg. HF-Litze erforderlich. Die Anzapfung für die Ankopplung liegt bei 12 Wdg. von unten. Die Rückkopplungs-

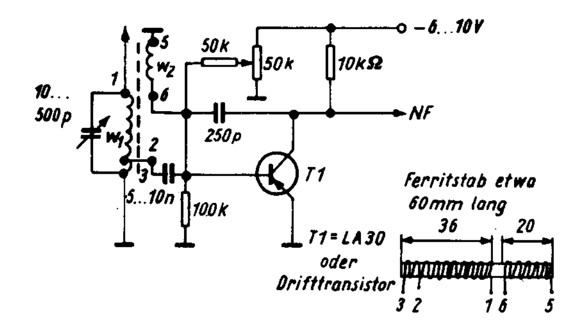



Bild 18.3
Audionschaltung mit dem Transistor *LA 30*

spule hat 20 Wdg. An den Schwingkreis (Punkt 1) kann über einen Kondensator (etwa 50 pF) zusätzlich eine Außenantenne angeschlossen werden. Die weitere Verstärkung erfolgt durch einen NF-Verstärker.

### 18.3.3. NF-Verstärker 25 mW

Der 3stufige NF-Verstärker nach Bild 18.4 ist mit dem Transistor *LA 50* oder NF-Transistor 50 bis 120 mW bestückt. Am Ausgang wird ein *Sternchen*-Lautsprecher verwendet. Der Ausgangsübertrager (Kernpaket *M 30/0,35*) hat folgende Windungszahlen: $w_1$ = 500 Wdg. 0,3-mm-CuL und $w_2$ = 100 Wdg. 0,5-mm-CuL. Die einzelnen Transistorstufen arbeiten in Serien-Stromgegenkopplung und sind darum gegen Temperatureinflüsse stabilisiert. Die Gegenkopplung in den beiden letzten Stufen wurde dadurch erhöht, daß man nur einen Teil der Emitterwiderstände kapazitiv überbrückte. Die Stromversorgung erfolgt aus 4 Monozellen.

### 18.3.4. NF-Verstärker 50 mW

Der NF-Verstärker nach Bild 18.5 arbeitet mit Übertragerkopplung. Durch die bessere Anpassung wird etwa die gleiche Verstärkung erreicht wie mit dem 3stufigen *RC*-Verstärker nach Bild 18.4. Die Basisspannungen werden durch Spannungsteiler festgelegt. Für die Übertrager verwendet man Kernpakete *M 30/0,35*. Die Windungszahlen sind:

*Zwischenübertrager*

$w_1$ = 2000 Wdg., 0,09-mm-CuL,
$w_2$ = 500 Wdg., 0,18-mm-CuL.

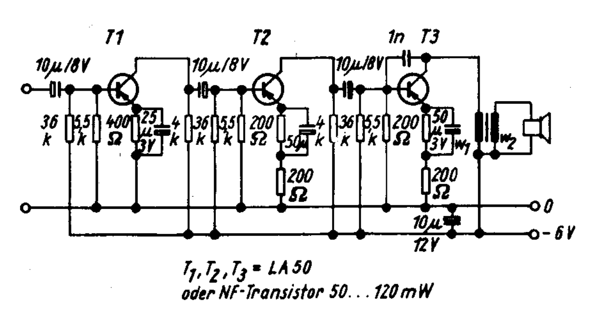



Bild 18.4
3stufiger Transistor-Verstärker mit *RC*-Kopplung

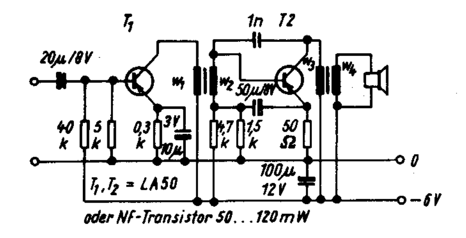



Bild 18.5
2stufiger Transistor-Verstärker mit Transformatorkopplung

*Ausgangsübertrager*

$w_3$ = 500 Wdg., 0,30-mm-CuL,
$w_4$ = 100 Wdg., 0,5-mm-CuL.

Als Lautsprecher wird der *Sternchen*-Typ verwendet. Zur Stromversorgung dienen 4 Monozellen.

### 18.3.5. Gegentakt-B-Verstärker

Für Empfangsschaltungen oder zur Wiedergabe von Schallplatten kann die Verstärkerschaltung nach Bild 18.6 verwendet werden. Der Verstärker besteht aus dem Vorverstärker, der Treiberstufe und der Gegentakt-Endstufe. Die Ausgangsleistung beträgt etwa 100 mW. Für die Übertrager kann man auch die *Sternchen*-Typen *K 20* und *K 21* verwenden. Zum Selbstbau der Übertrager werden folgende Daten angegeben:

*Treiberübertrager*

$w_1$ = 1700 bis 2000 Wdg., 0,08-mm-CuL,
$w_2$ = 2×400 bis 600 Wdg., 0,16-mm-CuL,
*E/I 30* bzw. *M 30/0,35*

*Ausgangsübertrager*

$w_1$ = 2×150 bis 220 Wdg., 0,3-mm-CuL,
$w_2$ = 60 bis 90 Wdg., 0,5-mm-CuL,
*E/I 42* bzw. *M 42/0,5*

Für die Transistoren T 1 und T 2 wird der *LA 25* bzw. NF-Transistor 50 bis 120 mW, für die Endstufe ein Transistorpärchen *LA 50* bzw. NF-Transistor 150 mW verwendet. Die Temperaturstabilisation der Endstufe erfolgt durch die Flächendiode D (z. B. OY 100). Man kann zur Stabilisierung auch parallel zum Basiswiderstand einen NTC-Widerstand benutzen. Die Stromversorgung erfolgt aus 4 bis 6 Monozellen oder aus 2 Flachbatterien von je 4,5 V. Für die Eingangsstufe muß ein rauscharmer Transistor verwendet werden.

### 18.3.6. Impedanzwandler

Der Eingangswiderstand weist bei Transistorschaltungen geringe Werte auf. Mit speziellen Schaltungen kann man hohe Ein-

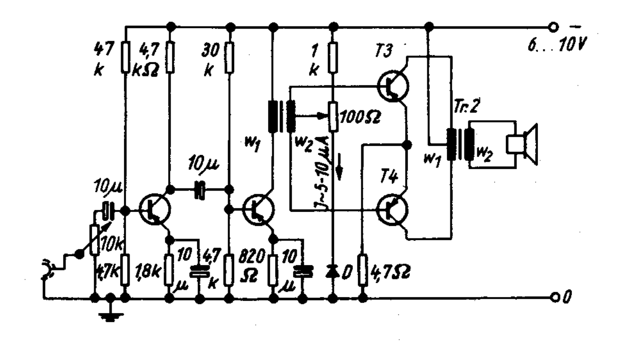



Bild 18.6
Schaltung für NF-Gegentaktverstärker in B-Betrieb

gangswiderstände erreichen, z. B. wenn man ein Kristallmikrofon an den Eingang eines Transistorverstärkers anpassen will. Eine geeignete Schaltung zeigt Bild 18.7. Der erreichbare Eingangswiderstand beträgt etwa 200 kΩ. Beide Transistorstufen arbeiten in Kollektorbasisschaltung. Der Ausgangswiderstand ist etwa 600 Ω, also niederohmig.

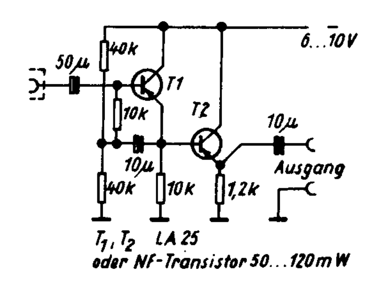



Bild 18.7
Transistor-Impedanzwandler mit hochohmigem Eingang

### 18.3.7. Blinkschaltung

Für viele Effekte bzw. Anwendungen benötigt man eine periodisch aufleuchtende Lampe. Rein elektronisch läßt sich das mit Transistoren auf einfache Weise verwirklichen. Bild 18.8 zeigt eine dafür geeignete Schaltung. Die Transistoren T 1 und T 2 bilden einen Multivibrator, der den Transistor T 3 steuert. Entsprechend der Frequenz des Multivibrators leuchtet die im Emitterkreis von T 3 liegende Lampe auf. Leuchtfolge und Leuchtdauer werden bestimmt durch die *RC*-Glieder an den beiden Basiselektroden des Multivibrators. Die Stromstärke durch die Glühlampe muß dem maximalen Kollektorstrom von T 3 entsprechen.

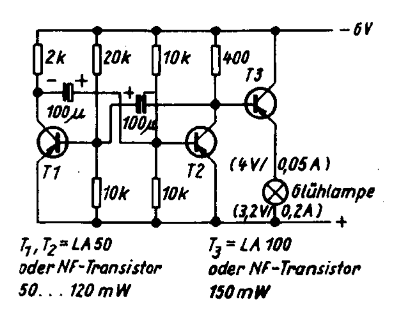



Bild 18.8
Transistor-Blinkschaltung mit 3 Transistoren

### 18.3.8. Blinkschaltung mit Komplementär-Multivibrator

Mit 2 komplementären Transistoren lassen sich Blinkschaltungen aufbauen, die der Batterie nur während der Leuchtdauer der Lampe La Strom entnehmen. Außerdem wird nur ein zeitbestimmender Kondensator benötigt. Bild 18.9 zeigt die Schaltung.

*Leuchtdauer* $t_1 \approx 0{,}7 \cdot R_1 \cdot C$;
*Pausendauer* $t_2 \approx 0{,}7\,(R_1 + R_2 + R_4) \cdot C$.

Die Schaltung arbeitet einwandfrei, wenn $R_2 > B_1 \cdot B_2 \cdot R_{La}$ ist; $B_1$ und $B_2$ – Stromverstärkungsfaktor von T 1 und T 2, $R_{La}$ – Lampenwiderstand.

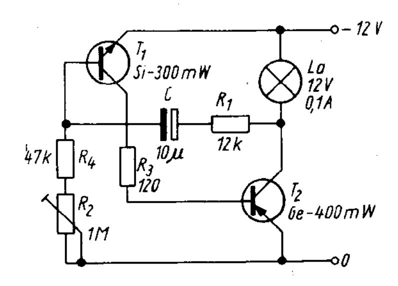



Bild 18.9
Blinkschaltung mit Komplementär-Multivibrator

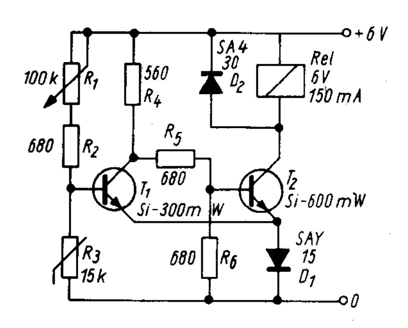



Bild 18.10
Schaltung für einen Zweipunkt-Temperaturregler

## 18.3.9. Zweipunkt-Temperaturregler

Die Schaltung in Bild 18.10 stellt einen *Schmitt*-Trigger dar. Als Temperaturfühler dient der Heißleiterwiderstand $R_3$. Bei niedriger Temperatur weist er einen großen Widerstand auf, T 1 steuert durch und T 2 sperrt, das Relais ist abgefallen. Steigt die Temperatur, so wird T 1 gesperrt und T 2 durchgesteuert, das Relais zieht an. Fällt die Temperatur, so kippt die Schaltung in die Ausgangslage zurück. Die Schalthysterese ist sehr klein, sie liegt bei 1 bis 2 °C. Mit $R_1$ läßt sich die Schalttemperatur im Bereich von etwa 40 bis 90 °C einstellen.

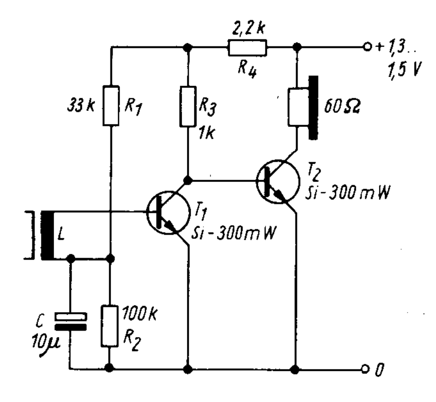



Bild 18.11
Schaltung für einen Telefon-Mithörverstärker

## 18.3.10. Telefon-Mithörverstärker

Das Verstärken eines leisen Telefongesprächs ist möglich durch einen vom Telefonnetz unabhängigen Verstärker (Bild 18.11). Dazu muß man das Eingangssignal induktiv dem Streufluß des im Telefonapparat eingebauten Übertragers entnehmen. Dafür verwendet man einen U-förmigen Eisenkern, dessen Spule $L$ dem magnetischen Feld des Telefonübertragers eine Spannung von etwa 5 mV entnimmt. Diese in $L$ induzierte Spannung wird mit den Transistoren T 1 und T 2 etwa 40fach verstärkt und dem Kleinhörer zugeführt. Die Spule $L$ hat etwa 2000 Wdg., 0,08-mm-CuL ($L$ = 180 mH), der offene U-Kern hat einen Querschnitt von etwa 5 mm × 5 mm und 15 mm Schenkellänge.

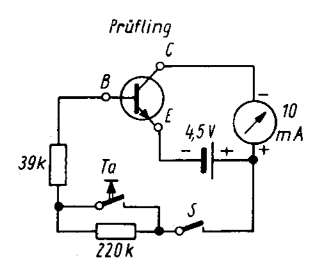



Bild 18.12
Stromverstärkungs-Prüfschaltung für npn-Transistoren

## 18.3.11. Stromverstärkungs-Prüfschaltung

Die Schaltung in Bild 18.12 ist geeignet zur Prüfung von npn-Transistoren. Bei geöffnetem Schalter S wird der Reststrom angezeigt. Da Siliziumtransistoren einen sehr

geringen Reststrom haben, zeigt ein Zeigerausschlag einen defekten Transistor an. Mit geschlossenem Schalter S wird die Stromverstärkung $B$ in Emitterschaltung gemessen. Vollausschlag entspricht $B = 500$. Drückt man die Taste Ta, dann ist $B = 100$. Für die Prüfung von pnp-Transistoren sind Batterie und Meßwerk umzupolen.

### 18.3.12. Prüfschaltung für Leistungstransistoren

Die in Bild 18.13 angegebene Schaltung ist dimensioniert für die Prüfung von pnp-Leistungstransistoren. Bei offenem Schalter S wird vom Meßwerk der Reststrom angezeigt. Ein größerer Zeigerausschlag kennzeichnet einen defekten Transistor. Bei geschlossenem Schalter S wird in Emitterschaltung die Stromverstärkung $B$ gemessen, der Vollausschlag am Meßwerk entspricht $B = 100$. Mit gedrückter Taste Ta ist der Vollausschlag $B = 20$, so daß auch kleine Werte der Stromverstärkung genau gemessen werden können. Da hier ein größerer Basisstrom fließt, eignet sich diese Schaltung nicht für die Prüfung von Kleinleistungstransistoren.

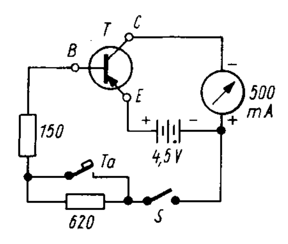



Bild 18.13
Stromverstärkungs-Prüfschaltung für Leistungstransistoren

## 18.4. Transistor-Kleinbausteine

Im Rahmen der Konsumgüterproduktion hatte Ende 1962 der VEB ***Meßelektronik*** Berlin eine Serie elektronischer Kleinbausteine in sein Programm aufgenommen, die neue Perspektiven in der Amateurpraxis eröffneten. Diese Kleinbausteine sind nach modernen Gesichtspunkten mit gedruckter Schaltung aufgebaut und mit Transistoren bestückt. Durch entsprechende Kombination der einzelnen Bausteine lassen sich verschiedenartige Geräteschaltungen verwirklichen. Bild 18.14 zeigt einige der Kleinbausteine im Vergleich zu Miniaturröhren. Die Bausteine können mit Drahtanschlüssen oder mit Steckerstiften versehen werden. Bild 18.15 zeigt die Anordnung mit Steckerstiften und die entsprechende Federleiste. Für eine Geräteschaltung werden die benötigten Federleisten miteinander verdrahtet und die Kleinbausteine dann aufgesteckt. (Hierzu s. auch Band 26, 31 und 41 der Reihe *Der praktische Funkamateur*.)

Vorläufig wurden folgende elektronischen Kleinbausteine in die Produktion aufgenommen:

1. Kleinuniversalverstärker *KUV 1*
2. 2stufiger NF-Verstärker *2 NV 1*
3. Gegentakt-Endstufe *GES 4–1*
4. Kombiniertes Regel- und Siebglied *KRS 1*
5. HF-Eingangsbausteine *EBS 2–1*
6. Rufgenerator *RG 1–1*
7. 2stufiger Gleichstromverstärker *2GV 1–1*

Mit diesen elektronischen Kleinbausteinen lassen sich etwa 12 verschiedene Geräteschaltungen aufbauen, wenn man eine entsprechende Anzahl Federleisten zur Verfügung hat. Darunter sind auch folgende Schaltungen:

a) Taschenempfänger
b) Kofferempfänger
c) Plattenspielerverstärker
d) Telefon-Mithörverstärker

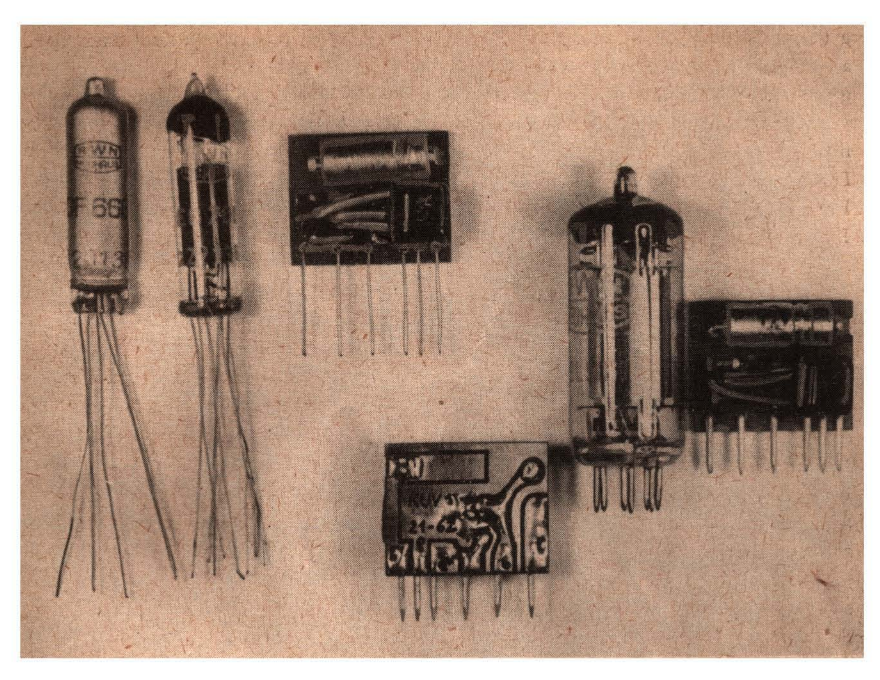
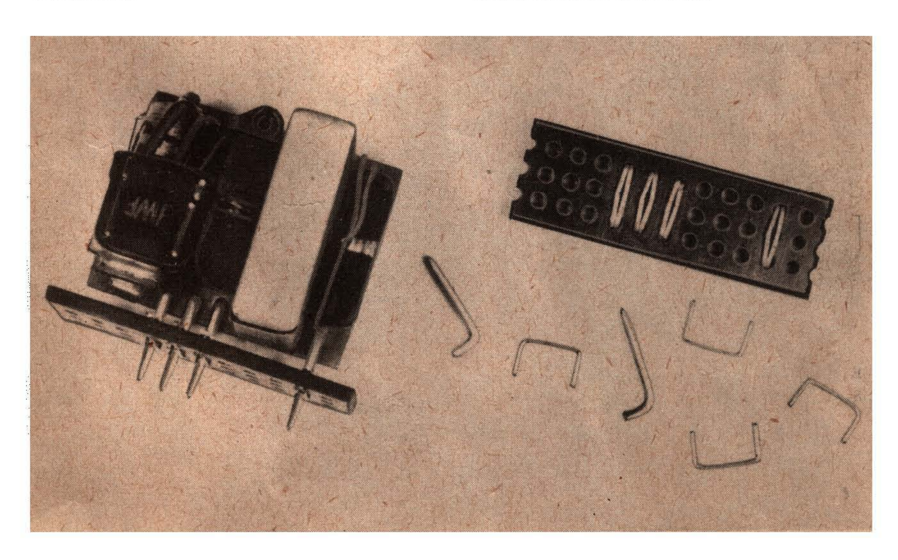


Bild 18.14
Vergleich zwischen elektronischen Kleinbausteinen und Miniaturröhren

Bild 18.15
Auf Federleiste gesteckter Baustein Rufgenerator *RG 1*, daneben Federleiste und Kontakte



e) Wechselsprechanlage
f) Lichtschranke
g) Dämmerungsschalter
h) Mikrofonverstärker

Die elektronischen Kleinbausteine können in den *RFT*-Amateurbedarfsfilialen bezogen werden.

## 18.5. Komplexe Amateurelektronik

Die angeführten, von K. Schlenzig entwickelten Transistor-Kleinbausteine wurden in den Jahren 1969/1970 von ihm weiterentwickelt zum System Komplexe Amateurelektronik. Ausführlich informieren darüber die Originalbaupläne Nr. 13 *(System Komplexe Amateurelektronik)*, Nr. 16 *(Amateurelektronik-Experimente)* und Nr. 19 *(Amateurelektronik-Geräte)* des *Militärverlages der Deutschen Demokratischen Republik.* Zum System gehören Leiterplatten für verschiedene Transistor-Bausteine, Kontaktstifte und Federn, Trägerstreifen sowie Lochrasterplatten verschiedener Abmessungen und Abdeckpappen für Bausteine sowie Gehäusebauteile.
Für den eigenen Aufbau von Schaltungen gibt es Lochraster- und Streifenleiterplatten im Format 35 mm × 80 mm sowie Universalleiterplatten in den Abmessungen 20 mm × 25 mm und 25 mm × 40 mm. Gelochte Leiterplatten stehen für folgende Leiterplatten zur Verfügung:

Kleinsignal-Universalverstärker *KUV 2*
2stufiger NF-Verstärker *2 NV 2*

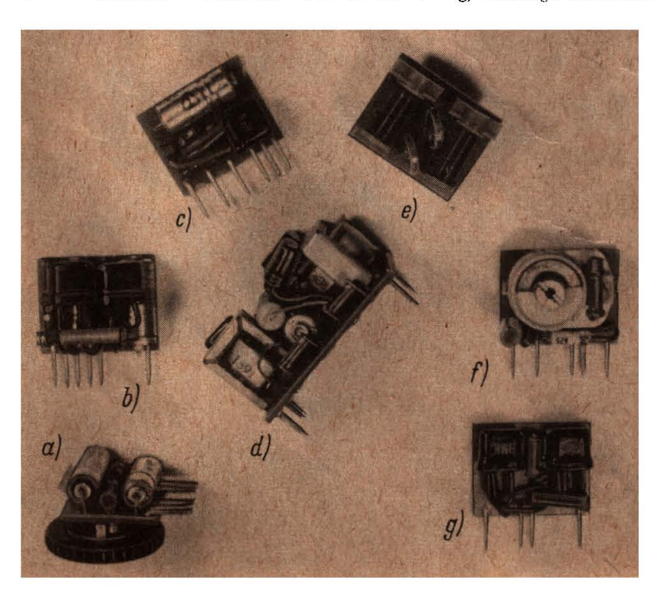



Bild 18.16
Elektronische Kleinbausteine aus der Konsumgüterproduktion des VEB *Meßelektronik* Berlin:
a) kombiniertes Regel-Siebglied *KRS 1*,
b) zweistufiger NF-Verstärker *2 NV 1*,
c) Kleinuniversalverstärker *KUV 1*,
d) Gegentakt-Endstufe *GES 4*,
e) Antennenweiche *AW 1* (wurde nicht produziert),
f) Eingangsbaustein *EBS 1*,
g) zweistufiger Gleichstromverstärker *2 GV 1*

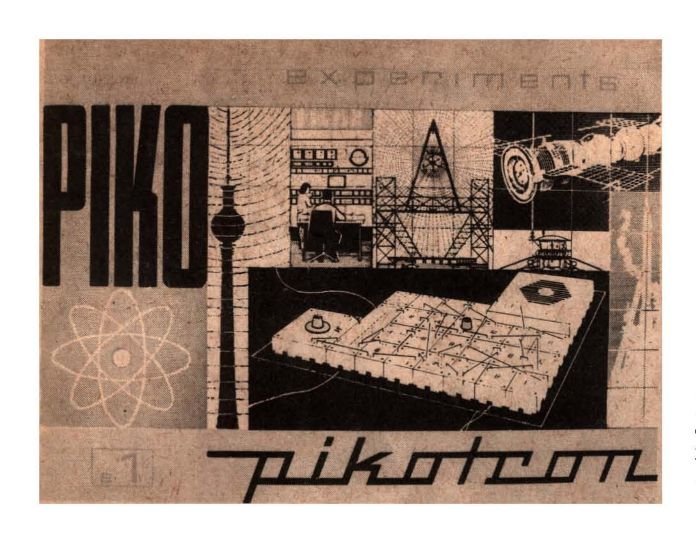



Bild 18.17
Ansicht des Deckels des Grundbaukastens „e 1" der Elektronik-Baukästen *PIKOTRON*

Bild 18.18
Ansicht des Inhalts der 3 Baukästen *PIKOTRON*

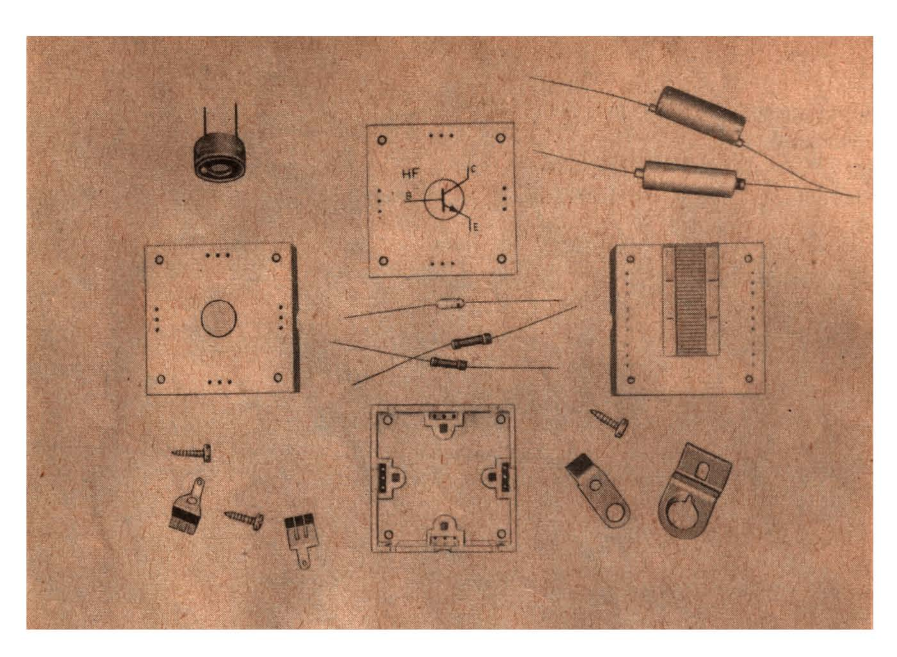



Bild 18.19
Baustein mit Einzelteilen aus dem Baukasten *PIKOTRON*

Verstärker- und Rufgenerator-
baustein *VRG 1*
Gegentakt-Endstufe mit Treiber *GES 4*
Leistungsverstärkerbaustein *LVB 1*
2stufiger Gleichstromverstärker *2 GV 2*
ZF-Verstärker für etwa 455 kHz *ZFV 2*
Demodulatorbaustein *DBS 2*
Siliziumverstärkerbaustein *SVB 1*

## 18.6. Elektronik-Baukästen PIKOTRON

Vom VEB *PIKO* Sonneberg wird das 3teilige Elektronik-Baukastensystem *PIKOTRON* hergestellt, mit dem man über mehrere Etappen in die Probleme der Elektronik eindringen kann. Bild 18.17 zeigt das Aussehen des Verpackungskastens. Man beginnt mit dem Grundkasten »e1«, da er auch Teile enthält, die man dann bei den Zusatzkästen benötigt. Ein umfangreiches Anleitungsheft mit Erläuterungen zu 60 Schaltungsaufbauten liegt bei. Bild 18.18 gibt einen Einblick in den Inhalt der 3 Kästen. Mit den Zusatzkästen »e2« und »e3« hat man 49 Bausteine zur Verfügung, u. a. auch Siliziumtransistoren und 2 Lautsprecher. Die Bausteine sind unten offene Polystyrolbehälter mit den Grundabmessungen 40 mm × 40 mm × 25 mm. Verbunden werden die Bausteine mittels Schaltdraht 0,8 mm; die Enden werden in ein Loch mit Kontaktfeder gesteckt. Es sind also weder beim Aufbau der Bausteine noch beim Verdrahten der Schaltung Lötarbeiten erforderlich. Transistoren, Potentiometer, Ferritstabspule sowie Umschalter wurden bereits vom Hersteller montiert. Bild 18.19 zeigt Einzelteile für den Aufbau der Bausteine.

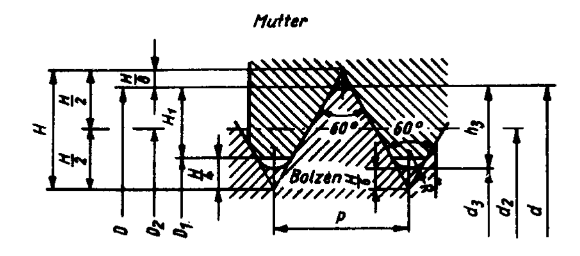
# Anhang

**Metrisches ISO-Gewinde nach TGL 7907**
**Bolzen und Mutter (Maße in mm)**

| Gewinde-Nenn-durchmesser $d = D$ | Steigung $P$ | Flanken-durchmesser $d_2 = D_2$ | $d_3$ | Kern-durch-messer $D_1$ | Nenn-tragtiefe $H_1$ | Rundung $R$ | Kern-querschnitt $A_q$ in mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,25 | 0,838 | 0,693 | 0,729 | 0,135 | 0,036 | 0,377 |
| 1,2 | 0,25 | 1,038 | 0,893 | 0,929 | 0,135 | 0,036 | 0,626 |
| 1,6 | 0,35 | 1,373 | 1,171 | 1,221 | 0,189 | 0,051 | 1,08 |
| 2 | 0,4 | 1,740 | 1,509 | 1,567 | 0,217 | 0,058 | 1,79 |
| 2,5 | 0,45 | 2,208 | 1,948 | 2,013 | 0,244 | 0,065 | 2,98 |
| 3 | 0,5 | 2,675 | 2,387 | 2,459 | 0,271 | 0,072 | 4,47 |
| 4 | 0,7 | 3,545 | 3,141 | 3,242 | 0,379 | 0,101 | 7,75 |
| 5 | 0,8 | 4,480 | 4,019 | 4,134 | 0,433 | 0,115 | 12,7 |
| 6 | 1 | 5,350 | 4,773 | 4,917 | 0,541 | 0,144 | 17,9 |
| 8 | 1,25 | 7,188 | 6,466 | 6,647 | 0,677 | 0,180 | 32,8 |

Theoretische Werte des ISO-Gewindes

$H = 0{,}866\,03\ P$
$H_1 = 0{,}541\,27\ P$
$h_3 = 0{,}613\,43\ P$
$R = 0{,}144\,34\ P$



**DDR-Standards für Handwerkzeuge**

| | |
|---|---|
| Schlosserhämmer | TGL 48-71 102 |
| Hämmer (Übersicht) | TGL 17 493 |
| Vorschlaghämmer | TGL 48-71 104 |
| Hammeraugen | TGL 48-71 106 |
| Flachmeißel | TGL 48-71 201 |
| Kreuzmeißel | TGL 48-71 202 |
| Durchtreiber | TGL 48-71 221 |
| Nietzieher | TGL 48-71 223 |
| Nietkopfsetzer | TGL 48-71 224 |
| Körner | TGL 48-71 226 |
| Stemmwerkzeuge (Übersicht) | TGL 17 495 |
| Zangen (Übersicht) | TGL 17 494 |
| Vornschneider | TGL 12 595 |
| Hebelvornschneider | TGL 12 596 |
| Seitenschneider | TGL 12 597 |
| Flachzangen | TGL 4309 |
| Ovalspitzzangen | TGL 4310 |
| Rundzangen | TGL 4312 |
| Kombinationszangen | TGL 4694 |
| Telefonzangen | TGL 48-72 421 |
| Justierzangen | TGL 48-72 526 |
| Kneifzangen | TGL 48-72 530 |
| Blechscheren (Übersicht) | TGL 17 497 |
| Schraubenschlüssel (Übersicht) | TGL 17 491 |
| Einmaulschlüssel | TGL 48-73 107 |
| Doppelmaulschlüssel | TGL 48-73 110 |
| Schraubenzieher (Holzgriff) | TGL 48-73 502 |
| Schraubenzieher (Formstoffgriff) | TGL 48-73 503 |
| Schraubenzieher (Übersicht) | TGL 17 492 |
| Spannwerkzeuge (Übersicht) | TGL 17 496 |
| Schraubzwingen | TGL 48-73 603 |
| Feilkloben | TGL 48-73 712 |
| Reifkloben | TGL 48-73 713 |
| Feilen und Raspeln (Querschnitte und Längen) | TGL 12 445 |
| Feilen und Raspeln (Übersicht) | TGL 17 490 |
| Schaber (Übersicht) | TGL 17 500 |
| Metallsägen (Übersicht) | TGL 17 499 |

**Normen für die Werkzeugausstattung (Abschnitt 3.)**

*Norm 1*

Werkzeugbedarf für den Anfänger
1 Seitenschneider 130 mm
1 Flachzange 130 mm
1 Rundzange 130 mm
1 Satz Schraubenzieher (2; 4; 5,5; 7 und 9 mm breit)
1 Hammer 200 g
1 Laubsäge
1 Körner 100 mm
1 Flachfeile, 200 mm, Bastardtyp
1 Flachfeile, 200 mm, Feinhieb
1 Rundfeile, 250 mm, Bastardtyp
1 Halbrundfeile, 160 mm, Feinhieb
1 Feilenbürste
1 Stahlmeßband, 300 mm
1 Reißnadel
1 Messer
1 elektrischer Lötkolben, 60 W
1 Handbohrmaschine mit Bohrern

*Norm 2*

Für den fortgeschrittenen Bastler werden zusätzlich zu Norm 1 folgende Werkzeuge empfohlen:
1 Kombizange, 160 mm, isoliert
1 Schnabelzange, 160 mm
1 Abziehzange
1 Satz Uhrmacherschraubenzieher
1 Hammer, 500 g
1 Holzhammer
1 Handbügelsäge
1 Handblechschere, Berliner Form
1 Kreuzmeißel, 100 mm
1 Flachmeißel, 100 mm
1 Rundfeile, 250 mm, Feinhieb
1 Halbrundfeile, 160 mm, Bastardtyp
1 Vierkantfeile, 160 mm, Grobfeinhieb
1 Dreikantfeile, 160 mm, Grobfeinhieb
1 Satz Schlüsselfeilen
1 Feilkloben
1 Schraubstock, mittlere Größe
1 Handbohrmaschine, zwei Gänge, Bohrfutter bis 10 mm
1 Satz Spiralbohrer (1,5; 2,2; 2,4; 3; 3,2; 4; 4,3; 4,8; 5,3; 6; 6,4; 7,4; 8,4; 9,5 und 10 mm)
1 Satz Gewindebohrer M 2, M 3 und M 4
1 verstellbares Windeisen
1 Satz Gewindeschneideisen M 2, M 3 und M 4
1 Schneideisenhalter
1 Rollstahlmeßband, 2 m lang
1 Anschlagwinkel
1 Schieblehre, 160 mm
1 Spitzzirkel
1 Satz Nietzieher 2, 3 und 4 mm
1 Satz Nietkopfsetzer, 2, 3 und 4 mm
1 Satz Gegenhalter 2, 3 und 4 mm
1 Pinzette
1 Flachpinsel
1 Fuchsschwanzsäge
2 Nagelbohrer

*Norm 3*

Zusätzlich zu den Normen 1 und 2 werden noch folgende Werkzeuge empfohlen. Die Stückzahl der einzelnen Werkzeuge richtet sich nach der Zahl der Mitglieder der Klubstationen.
1 Gummihammer
1 Einstreichsäge
1 Stichsäge
1 Fuchsschwanz
1 elektrische Handbohrmaschine mit Ständer, Bohrfutter bis 16 mm
1 Satz Spiralbohrer bis 16 mm
1 Krauskopf
1 Kreisschneider
1 Satz Steckschlüssel M 2, M 3, M 4, M 5, M 6, M 8
1 Kabelmesser
1 Meßschraube
1 Lötkolben, 100 W
1 Lötkolben, 500 W
1 Stielfeilkloben
1 Hebelvornschneider
1 Satz Gewindewerkzeuge für M 5, M 6 und M 8
1 gefräste Feile für Aluminium
1 Raspelfeile für Holz
1 Maschinenschraubstock
1 Bohrprisma

## Farbkennzeichnung von Kleinstwiderständen

Kleinstwiderstände enthalten keinen aufgedruckten Widerstandswert, sondern nach der IEC-Norm eine Anzahl Farbringe. Während die beiden ersten Farbringe die beiden ersten Ziffern des Widerstandswertes kennzeichnen, gibt der dritte Farbring die Zahl der Nullen an. Der vierte Farbring kennzeichnet den Toleranzwert des Widerstandes. Die folgende Farbtabelle gibt die IEC-Norm wieder.

Ältere Widerstands-Ausführungsformen hatten für die Toleranz eine andere Kennzeichnung:

| | |
|---|---|
| ein Goldpunkt | ± 1 Prozent |
| zwei Goldpunkte | ± 2 Prozent |
| ein Silberpunkt | ± 5 Prozent |
| zwei Silberpunkte | ± 10 Prozent |
| ohne Gold- bzw. Silberpunkt | ± 20 Prozent |

| Farbe | erster Ring oder Punkt gleich erster Ziffer | zweiter Ring oder Punkt gleich zweiter Ziffer | dritter Ring oder Punkt: Zahl der Nullen | dritter Ring oder Punkt: Bereich des Wertes | vierter Ring oder Punkt gleich Toleranz | fünfter Ring bei Kondensatoren gleich Betriebs-Spanng in V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| schwarz | 0 | 0 | | 1 - 99 · Ω o.pF | | |
| braun | 1 | 1 | 0 | 100 - 990 Ω o.pF | ± 1% | 100 |
| rot | 2 | 2 | 00 | 1 - 9,9 kΩ o.nF | ±2 % | 200 |
| orange | 3 | 3 | 000 | 10 - 99 kΩ o.nF | | 300 |
| gelb | 4 | 4 | 0 000 | 100 - 990 kΩ o.nF | | 400 |
| grün | 5 | 5 | 00 000 | 1 - 9,9 MΩ o.μF | | 500 |
| blau | 6 | 6 | 000 000 | 10 - 99 MΩ o.μF | | 600 |
| violett | 7 | 7 | | | | 700 |
| grau | 8 | 8 | | | | 800 |
| weiß | 9 | 9 | | | | 900 |
| gold | | | · 0,1 | 0,1 - 9,9 Ω o.pF | ± 5% | 1 000 |
| silber | | | · 0,01 | 0,01 - 0,99 Ω o.pF | ± 10% | 2 000 |
| Keine Kennzeichg | | | | | ±20 % | 500 |

schwarz | blau | grün | rot

z.B. 0 6 00 000 ±2 % = 600000 Ω ±2 %

**Farbkennzeichnung von älteren Transistortypen**

Bei Kleinsignal-Transistoren war es üblich, auf dem Transistorgehäuse die ungefähre Größe des Stromverstärkungsfaktors $\beta$ anzugeben.
Die Transistoren der rechteckigen Bauform erhielten einen Farbpunkt zur Kennzeichnung des Stromverstärkungsfaktors. Dabei gilt folgende Tabelle:

| Farbpunkt | $\beta$ |
|---|---|
| rot | 20 bis 30 |
| orange | 30 bis 40 |
| gelb | 40 bis 50 |
| grün | 50 bis 60 |
| blau | 60 bis 75 |
| violett | 75 bis 100 |
| weiß | größer als 100 |

Die neueren Transistoren der runden Bauform erhalten zur Kennzeichnung des Stromverstärkungsfaktors einen oder mehrere Farbpunkte. Dabei gilt folgende Tabelle:

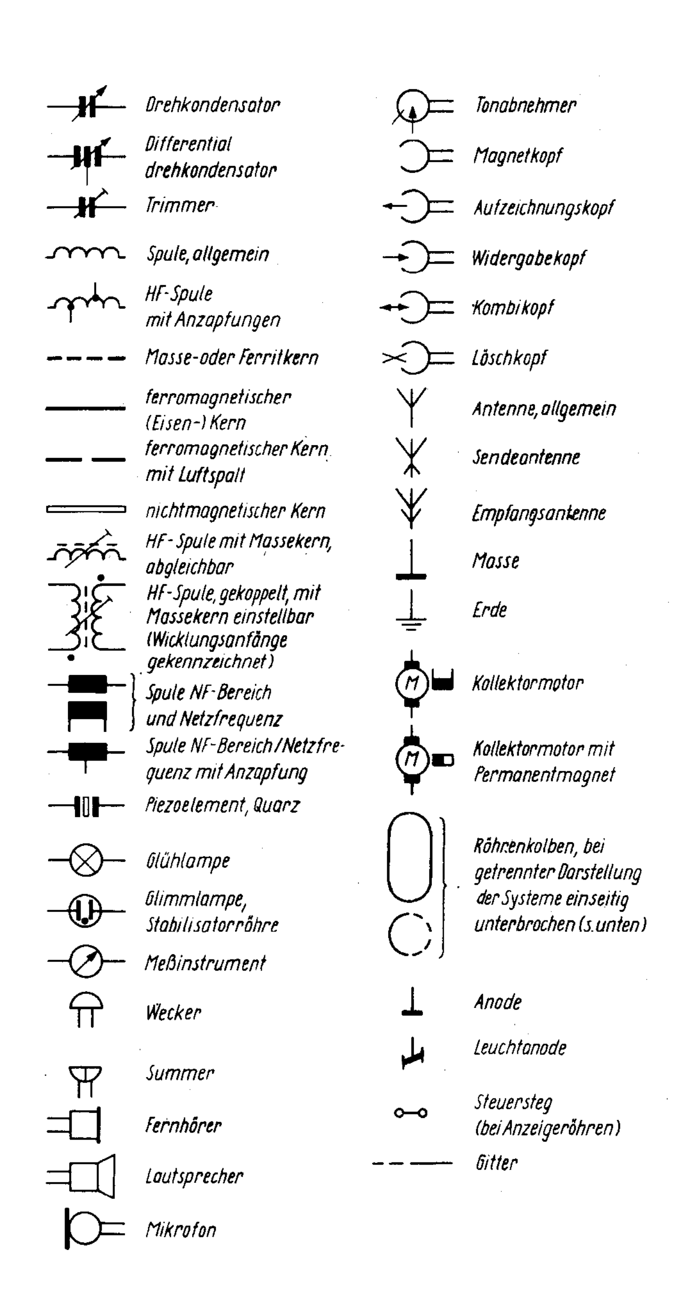
| Punktzahl | $\beta$ |
|---|---|
| ein Punkt | 20 bis 32 |
| zwei Punkte | 32 bis 50 |
| drei Punkte | 50 bis 80 |
| vier Punkte | größer als 80 |

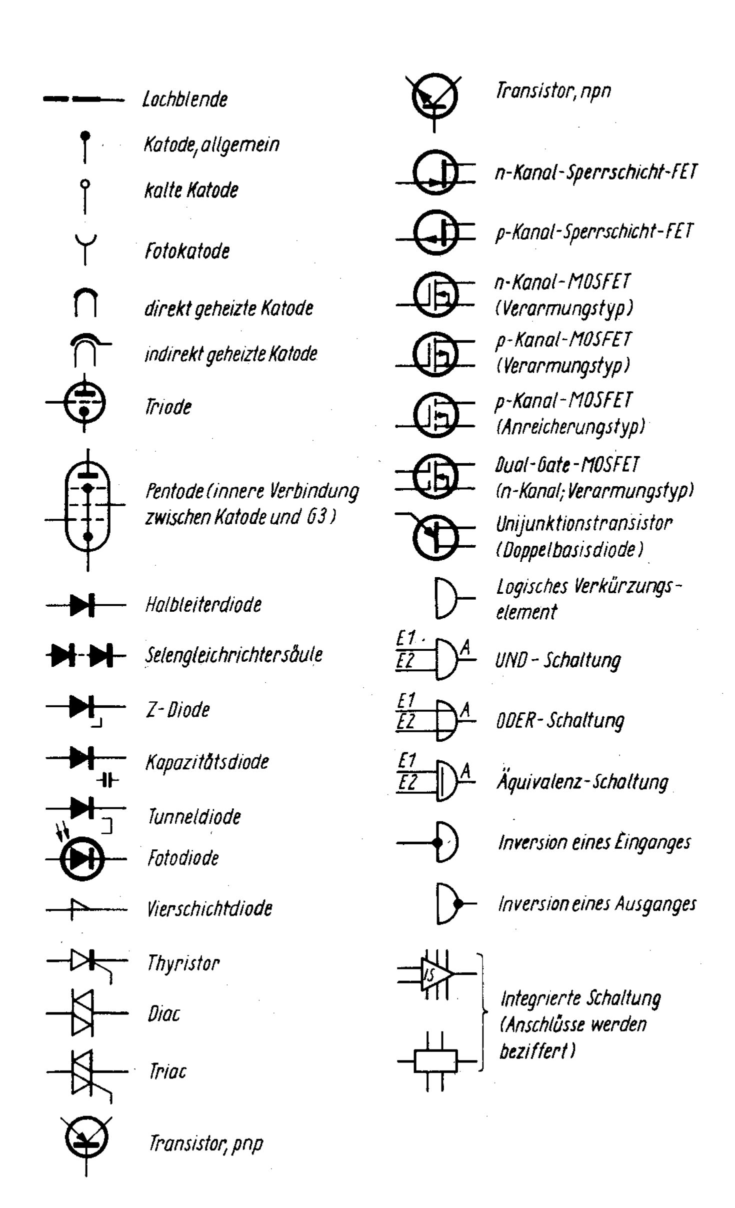
Die Stromverstärkung wird mit einer Genauigkeit von $\pm$ 10 Prozent angegeben.

# Die wichtigsten Schaltzeichen

feste Verbindung
lösbare Verbindung
abgeschirmte Leitung
Steckverbindung, allgemein
HF-Stecker
HF-Buchse
Schaltbuchse
Schaltglied, Schalter (Schließer)
Schaltglied, Schalter (Öffner)
Umschalter, einpolig
Zweifach-Schließer (Drucktaste)
Schaltglied, Betätigung von Hand
Schaltglied, von Hand mit selbsttätigem Rückgang
Relaisschaltglied, Schließer
Öffner
Umschalter
Elektromagnet
Relaiswicklung
Relais mit 2 Wicklungen
Relais mit Differentialwicklung
Relais mit Abfallverzögerung
Relais mit Anzugsverzögerung

Polarisiertes Relais
Impulszählwerk (z.B. Gesprächszählwerk)
Sicherung, allgemein
Feinsicherung
Galvanisches Element (Pluszeichen kann auch entfallen)
12 V Batterie aus galvanischen Elementen
Thermoelement (Pluszeichen kann auch entfallen)
Widerstand, allgemein
Widerstand mit Anzapfungen
Widerstand, einstellbar mit Werkzeug
Widerstand, unmittelbar von Hand einstellbar
Widerstand, stufenweise einstellbar
Potentiometer, einstellbar mit Werkzeug (Trimmpotentiometer, Einstellregler)
Potentiometer, unmittelbar von Hand einstellbar
Varistor
Thermistor
Fotowiderstand
Kondensator, allgemein
Kondensator mit Kennzeichnung des Außenbelages (rechts)
Elektrolytkondensator (linker Anschluß „+")
Durchführungskondensator


Drehkondensator
Differential drehkondensator
Trimmer
Spule, allgemein
HF-Spule mit Anzapfungen
Masse-oder Ferritkern
ferromagnetischer (Eisen-) Kern
ferromagnetischer Kern mit Luftspalt
nichtmagnetischer Kern
HF-Spule mit Massekern, abgleichbar
HF-Spule, gekoppelt, mit Massekern einstellbar (Wicklungsanfänge gekennzeichnet)
Spule NF-Bereich und Netzfrequenz
Spule NF-Bereich/Netzfrequenz mit Anzapfung
Piezoelement, Quarz
Glühlampe
Glimmlampe, Stabilisatorröhre
Meßinstrument
Wecker
Summer
Fernhörer
Lautsprecher
Mikrofon
Tonabnehmer
Magnetkopf
Aufzeichnungskopf
Widergabekopf
Kombikopf
Löschkopf
Antenne, allgemein
Sendeantenne
Empfangsantenne
Masse
Erde
M
Kollektormotor
M
Kollektormotor mit Permanentmagnet
Röhrenkolben, bei getrennter Darstellung der Systeme einseitig unterbrochen (s. unten)
Anode
Leuchtanode
Steuersteg (bei Anzeigeröhren)
Gitter



Lochblende
Katode, allgemein
kalte Katode
Fotokatode
direkt geheizte Katode
indirekt geheizte Katode
Triode
Pentode (innere Verbindung zwischen Katode und G3)
Halbleiterdiode
Selengleichrichtersäule
Z-Diode
Kapazitätsdiode
Tunneldiode
Fotodiode
Vierschichtdiode
Thyristor
Diac
Triac
Transistor, pnp
Transistor, npn
n-Kanal-Sperrschicht-FET
p-Kanal-Sperrschicht-FET
n-Kanal-MOSFET (Verarmungstyp)
p-Kanal-MOSFET (Verarmungstyp)
p-Kanal-MOSFET (Anreicherungstyp)
Dual-Gate-MOSFET (n-Kanal; Verarmungstyp)
Unijunktionstransistor (Doppelbasisdiode)
Logisches Verkürzungs-element
E1
E2
A
UND-Schaltung
E1
E2
A
ODER-Schaltung
E1
E2
A
Äquivalenz-Schaltung
Inversion eines Einganges
Inversion eines Ausganges
IS
Integrierte Schaltung (Anschlüsse werden beziffert)

**Daten für Kupferlackdraht**

| Nenn-durchmesser mm | Durchmesser für CuL mm | Nenn-querschnitt mm² | Höchststrom für $I = 2,55$ A A | Widerstand je Meter Ω | Windungszahl je cm² Wdg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,03 | 0,045 | 0,0007 | 0,002 | 24,82 | 45 000 |
| 0,04 | 0,055 | 0,0013 | 0,003 | 13,96 | 25 000 |
| 0,05 | 0,062 | 0,0020 | 0,005 | 8,94 | 20 000 |
| 0,06 | 0,075 | 0,0028 | 0,007 | 6,21 | 15 000 |
| 0,07 | 0,085 | 0,0039 | 0,010 | 4,56 | 11 000 |
| 0,08 | 0,095 | 0,0050 | 0,013 | 3,49 | 9 000 |
| 0,09 | 0,108 | 0,0064 | 0,016 | 2,76 | 7 000 |
| 0,10 | 0,115 | 0,0079 | 0,020 | 2,23 | 6 000 |
| 0,11 | 0,13 | 0,0095 | 0,024 | 1,84 | 5 000 |
| 0,12 | 0,14 | 0,0113 | 0,029 | 1,55 | 4 400 |
| 0,13 | 0,15 | 0,0133 | 0,034 | 1,32 | 3 600 |
| 0,14 | 0,16 | 0,0154 | 0,039 | 1,14 | 3 200 |
| 0,15 | 0,17 | 0,0177 | 0,045 | 0,99 | 2 800 |
| 0,16 | 0,18 | 0,0211 | 0,051 | 0,87 | 2 500 |
| 0,17 | 0,19 | 0,0227 | 0,058 | 0,773 | 2 250 |
| 0,18 | 0,20 | 0,0254 | 0,065 | 0,689 | 2 000 |
| 0,19 | 0,21 | 0,0284 | 0,072 | 0,619 | 1 800 |
| 0,20 | 0,22 | 0,0314 | 0,080 | 0,557 | 1 650 |
| 0,21 | 0,23 | 0,0346 | 0,088 | 0,507 | 1 500 |
| 0,22 | 0,24 | 0,038 | 0,097 | 0,460 | 1 400 |
| 0,23 | 0,25 | 0,042 | 0,106 | 0,422 | 1 300 |
| 0,24 | 0,26 | 0,045 | 0,116 | 0,388 | 1 250 |
| 0,25 | 0,27 | 0,049 | 0,125 | 0,357 | 1 100 |
| 0,26 | 0,285 | 0,053 | 0,135 | 0,330 | 1 000 |
| 0,27 | 0,295 | 0,057 | 0,145 | 0,306 | 950 |
| 0,28 | 0,305 | 0,062 | 0,157 | 0,285 | 870 |
| 0,29 | 0,315 | 0,066 | 0,168 | 0,266 | 800 |
| 0,30 | 0,33 | 0,071 | 0,180 | 0,248 | 770 |
| 0,31 | 0,34 | 0,075 | 0,192 | 0,232 | 720 |
| 0,32 | 0,35 | 0,080 | 0,205 | 0,218 | 690 |
| 0,33 | 0,36 | 0,086 | 0,218 | 0,2051 | 650 |
| 0,34 | 0,37 | 0,091 | 0,231 | 0,1932 | 600 |
| 0,35 | 0,38 | 0,096 | 0,245 | 0,1824 | 580 |
| 0,36 | 0,39 | 0,102 | 0,259 | 0,1724 | 540 |
| 0,37 | 0,40 | 0,108 | 0,274 | 0,1632 | 520 |
| 0,38 | 0,41 | 0,113 | 0,289 | 0,1547 | 500 |
| 0,39 | 0,42 | 0,120 | 0,304 | 0,1469 | 475 |
| 0,40 | 0,43 | 0,126 | 0,320 | 0,1396 | 450 |
| 0,42 | 0,45 | 0,139 | 0,353 | 0,1266 | 420 |
| 0,43 | 0,46 | 0,145 | 0,370 | 0,1209 | 390 |
| 0,45 | 0,48 | 0,159 | 0,405 | 0,1103 | 370 |
| 0,47 | 0,50 | 0,173 | 0,442 | 0,1012 | 330 |
| 0,48 | 0,51 | 0,181 | 0,461 | 0,0970 | 320 |
| 0,50 | 0,54 | 0,196 | 0,500 | 0,0894 | 300 |
| 0,55 | 0,59 | 0,238 | 0,605 | 0,0738 | 250 |
| 0,60 | 0,64 | 0,283 | 0,720 | 0,0621 | 210 |
| 0,65 | 0,69 | 0,334 | 0,845 | 0,0562 | 180 |
| 0,70 | 0,74 | 0,385 | 0,980 | 0,0455 | 160 |
| 0,75 | 0,79 | 0,444 | 1,125 | 0,0395 | 140 |
| 0,80 | 0,84 | 0,504 | 1,280 | 0,0348 | 120 |
| 0,85 | 0,90 | 0,570 | 1,445 | 0,0318 | 110 |
| 0,90 | 0,93 | 0,636 | 1,620 | 0,0275 | 100 |
| 0,95 | 1,00 | 0,711 | 1,805 | 0,0246 | 90 |
| 1,00 | 1,05 | 0,786 | 2,000 | 0,0223 | 83 |
| 1,10 | 1,16 | 0,951 | 2,420 | 0,0184 | 67 |
| 1,20 | 1,26 | 1,131 | 2,880 | 0,0155 | 55 |

| Nenn-durchmesser mm | Durchmesser für CuL mm | Nenn-querschnitt mm² | Höchststrom für $I = 2{,}55$ A A | Widerstand je Meter Ω | Windungszahl je cm² Wdg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,30 | 1,36 | 1,329 | 3,380 | 0,0132 | 45 |
| 1,40 | 1,46 | 1,540 | 3,920 | 0,0114 | 40 |
| 1,50 | 1,56 | 1,770 | 4,500 | 0,0099 | 33 |
| 1,60 | 1,66 | 2,015 | 5,120 | 0,0087 | 28 |
| 1,70 | 1,76 | 2,275 | 5,780 | 0,0077 | 24 |
| 1,75 | 1,81 | 2,365 | 6,125 | 0,0073 | 20 |
| 1,80 | 1,86 | 2,545 | 6,480 | 0,0069 | 17 |
| 1,90 | 1,96 | 2,840 | 7,220 | 0,0062 | 14 |
| 2,00 | 2,07 | 3,142 | 8,000 | 0,0056 | 12 |
| 2,20 | 2,27 | 3,800 | 9,500 | 0,0046 | 10 |
| 2,50 | 2,57 | 4,910 | 12,300 | 0,0036 | 7 |

## Die wichtigsten Daten der Eisenkerne für Transformatoren

Blechpakete mit M-Schnitt

| | | M 42 | M 55 | M 65 | M 74 | M 85a | M 85b | M 102a | M 102b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| maximale Leistung | VA | 4 | 12 | 25 | 50 | 70 | 100 | 120 | 180 |
| Blechbreite, -höhe | mm | 42 | 55 | 65 | 74 | 85 | 85 | 102 | 102 |
| Paketstärke | mm | 15 | 20 | 27 | 32 | 32 | 45 | 35 | 52 |
| Eisenquerschnitt | cm² | 1,8 | 3,4 | 5,4 | 7,4 | 9,4 | 13 | 12 | 18 |
| Eisenweglänge | cm | 10,2 | 13,1 | 15,5 | 17,6 | 19,7 | 19,7 | 23,8 | 23,8 |
| Zungenbreite | mm | 12 | 17 | 20 | 23 | 29 | 29 | 34 | 34 |
| ausnutzbare Fensterhöhe | mm | 7 | 8,5 | 10 | 12 | 11 | 11 | 13,5 | 13,5 |
| ausnutzbare Fensterbreite | mm | 26,4 | 33,5 | 37 | 44 | 49 | 49 | 61 | 61 |
| Windungslänge, innen | cm | 7 | 9,3 | 11 | 12,8 | 14 | 15,4 | 16 | 19,3 |
| Windungslänge, Mitte | cm | 9,2 | 12 | 14,4 | 16,5 | 17 | 18,4 | 19,8 | 23,2 |
| Windungslänge, außen | cm | 11,1 | 13,8 | 16,7 | 19,8 | 20,3 | 21,7 | 23,5 | 27,1 |
| Fensterquerschnitt (brutto) | cm² | 2,7 | 4 | 5,6 | 7,1 | 7,5 | 7,5 | 11,5 | 11,5 |
| Wirkungsgrad | Prozent | 60 | 70 | 77 | 83 | 84 | 85 | 87 | 89 |
| Blechzahl bei 0,35 mm | Stück | 41 | 54 | 72 | 86 | 86 | 118 | 95 | 138 |
| Blechzahl bei 0,5 mm | Stück | 26 | 34 | 46 | 55 | 55 | 78 | 60 | 90 |
| Spannung je Windung | mV/Wdg. | 45 | 88 | 134 | 184 | 232 | 320 | 298 | 440 |
| Windungen je Volt | Wdg./V | 22,1 | 11,4 | 7,5 | 5,4 | 4,3 | 3,1 | 3,3 | 2,3 |
| Windungszahl 220 V primär | Wdg./220 V | 4 900 | 2 600 | 1 650 | 1 200 | 960 | 685 | 730 | 500 |
| Windungszahl 220 V sekundär | Wdg./220 V | 6 400 | 2 980 | 1 790 | 1 280 | 1 010 | 715 | 770 | 510 |
| Windungszahl 6,3 V sekundär | Wdg./6,3 V | 190 | 87 | 52 | 37 | 29 | 20 | 22 | 15 |

Blechpakete mit E/I-Schnitt

| | | EI 48 | EI 54 | EI 60 | EI 66 | EI 78 | EI 84a | EI 84b | EI 106a | EI 106b | EI 130a | EI 130b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| maximale Leistung | VA | 5 | 10 | 15 | 20 | 35 | 50 | 75 | 100 | 140 | 230 | 280 |
| Blechhöhe (mit Joch) | mm | 40 | 45 | 50 | 55 | 65 | 70 | 70 | 88 | 88 | 105 | 105 |
| Blechbreite | mm | 48 | 54 | 60 | 66 | 78 | 84 | 84 | 105 | 105 | 130 | 130 |
| Paketstärke | mm | 16 | 18 | 20 | 22 | 26 | 28 | 42 | 35 | 45 | 35 | 45 |
| Eisenquerschnitt | $cm^2$ | 2,56 | 3,24 | 4 | 4,8 | 6,8 | 7,8 | 11,8 | 12,3 | 15,8 | 12,3 | 15,8 |
| Eisenweglänge | cm | 9,6 | 10,8 | 12 | 13,2 | 15,6 | 16,8 | 16,8 | 21 | 21 | 27 | 27 |
| Zungenbreite | mm | 16 | 18 | 20 | 22 | 26 | 28 | 28 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| ausnutzbare Fensterhöhe | mm | 21,5 | 24,5 | 27 | 30 | 35 | 38 | 38 | 49 | 49 | 66 | 66 |
| ausnutzbare Fensterbreite | mm | 6 | 7 | 8 | 9 | 10,5 | 11,5 | 11,5 | 21 | 21 | 27 | 27 |
| Windungslänge, innen | cm | 8 | 9,3 | 10,3 | 11,3 | 13,2 | 14,1 | 17,1 | 17,6 | 19,9 | 20,2 | 22,2 |
| Windungslänge, Mitte | cm | 9 | 10,3 | 11,4 | 12,5 | 14,7 | 15,9 | 18,9 | 21,7 | 23,5 | 23,9 | 25,9 |
| Windungslänge, außen | cm | 10,1 | 11,2 | 12,5 | 13,8 | 16,3 | 17,6 | 20,6 | 25,1 | 27,3 | 27,7 | 29,7 |
| Fensterquerschnitt (brutto) | $cm^2$ | 1,92 | 2,43 | 3 | 3,6 | 5,1 | 5,9 | 5,9 | 13,4 | 13,4 | 21 | 21 |
| Wirkungsgrad | Prozent | 65 | 68 | 72 | 75 | 78 | 81 | 83 | 85 | 87 | 90 | 91 |
| Blechzahl bei 0,35 mm | Stück | 43 | 49 | 54 | 60 | 70 | 75 | 109 | 95 | 118 | 95 | 118 |
| Blechzahl bei 0,5 mm | Stück | 27 | 31 | 34 | 37 | 44 | 48 | 75 | 60 | 78 | 61 | 78 |
| Spannung je Windung | mV/Wdg. | 57 | 74 | 92 | 110 | 156 | 180 | 275 | 284 | 365 | 284 | 365 |
| Windungen je Volt | Wdg./V | 17,5 | 13,6 | 10,9 | 9,1 | 6,5 | 5,6 | 3,7 | 3,5 | 2,7 | 3,5 | 2,7 |
| Windungszahl 220 V primär | Wdg./220 V | 3 850 | 3 000 | 2 400 | 2 000 | 1 430 | 1 250 | 815 | 770 | 595 | 770 | 595 |
| Windungszahl 220 V sekundär | Wdg./220 V | 4 400 | 3 400 | 2 650 | 2 200 | 1 550 | 1 350 | 865 | 800 | 610 | 800 | 610 |
| Windungszahl 6,3 V sekundär | Wdg./6,3 V | 125 | 100 | 75 | 64 | 45 | 37 | 24 | 22 | 17 | 22 | 17 |

**Dezimale und Vielfache**

p = Pico = $10^{-12}$ = 0,000 000 000 001
n = Nano = $10^{-9}$ = 0,000 000 001
μ = Mikro = $10^{-6}$ = 0,000 001
m = Milli = $10^{-3}$ = 0,001
c = Zenti = $10^{-2}$ = 0,01
d = Dezi = $10^{-1}$ = 0,1
D = Deka = $10^{1}$ = 10
H = Hekto = $10^{2}$ = 100
K = Kilo = $10^{3}$ = 1 000
M = Mega = $10^{6}$ = 1 000 000
G = Giga = $10^{9}$ = 1 000 000 000
T = Tera = $10^{12}$ = 1 000 000 000 000

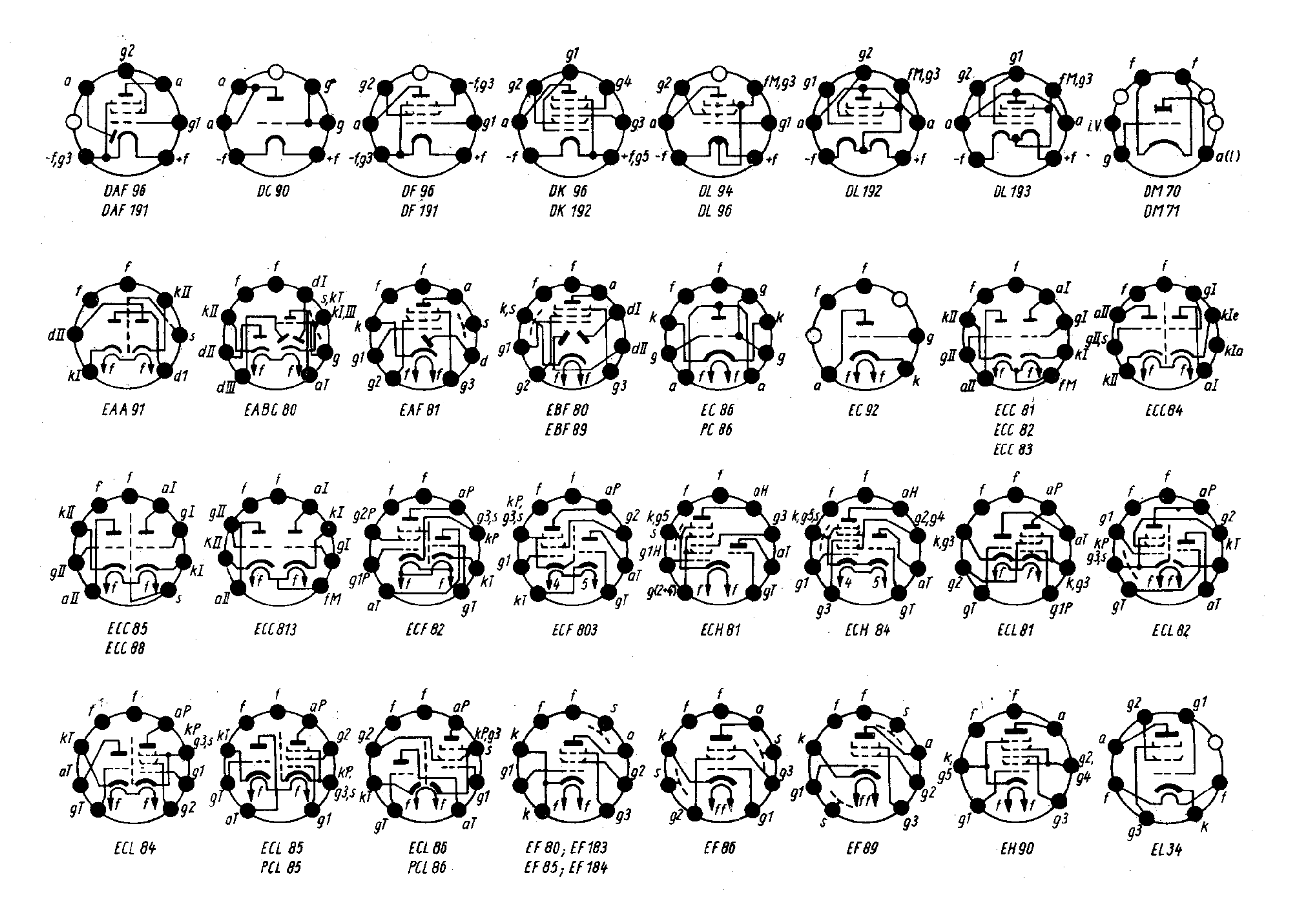
**Umrechnungswerte**

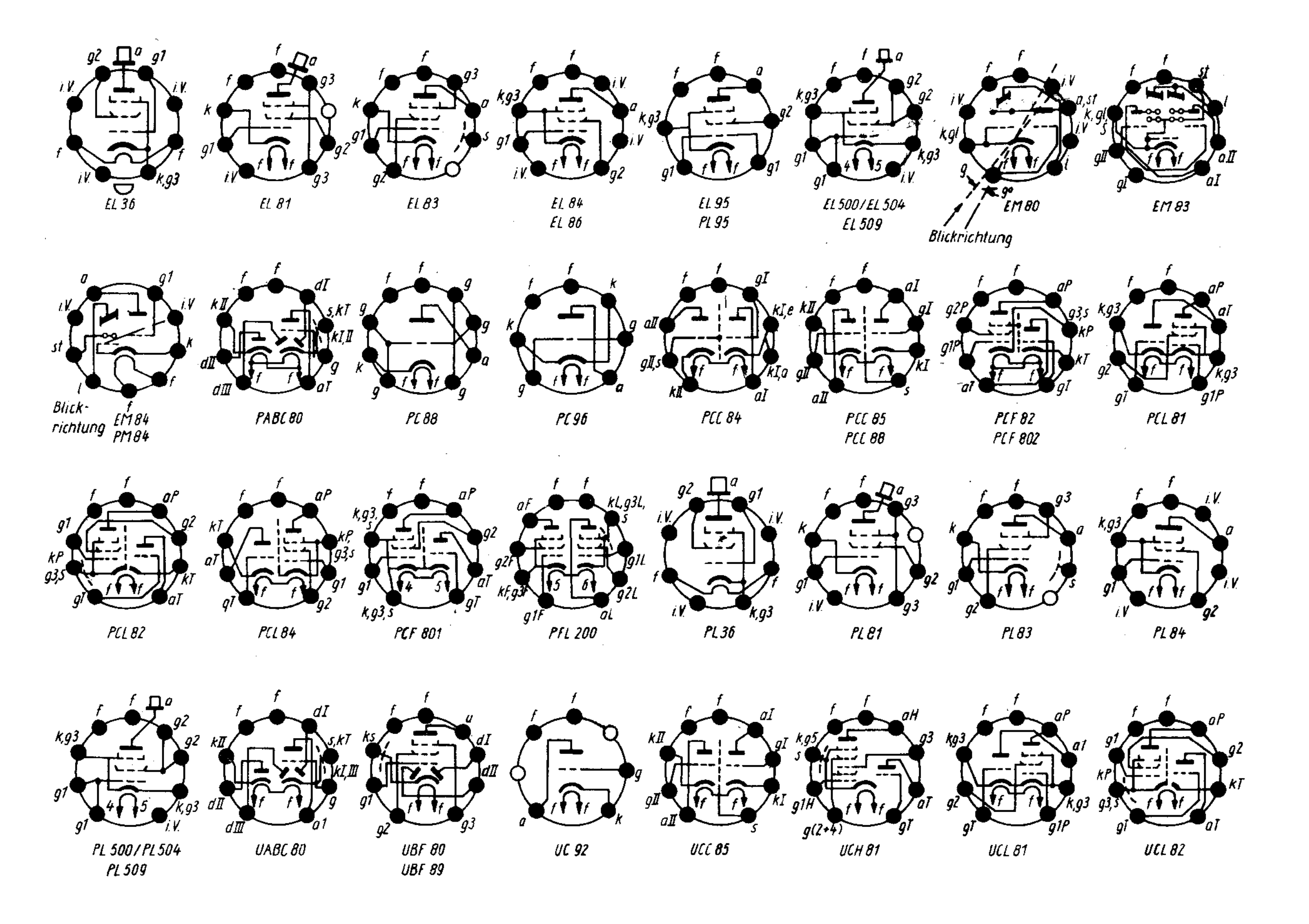
| Einheit | F | μF | nF | pF | cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 F (Farad) | 1 | $10^{6}$ | $10^{9}$ | $10^{12}$ | $0{,}9 \cdot 10^{12}$ |
| 1 μF (Mikrofarad) | $10^{-6}$ | 1 | $10^{3}$ | $10^{6}$ | $0{,}9 \cdot 10^{6}$ |
| 1 nF (Nanofarad) | $10^{-9}$ | $10^{-3}$ | 1 | $10^{3}$ | $0{,}9 \cdot 10^{3}$ |
| 1 pF (Picofarad) | $10^{-12}$ | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | 1 | 0,9 |
| 1 cm (Zentimeter) | $1{,}1 \cdot 10^{-12}$ | $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ | $1{,}1 \cdot 10^{-3}$ | 1,1 | 1 |

| Einheit | H | mH | μH | cm |
|---|---|---|---|---|
| 1 H (Henry) | 1 | $10^{3}$ | $10^{6}$ | $10^{9}$ |
| 1 mH (Millihenry) | $10^{-3}$ | 1 | $10^{3}$ | $10^{6}$ |
| 1 μH (Mikrohenry) | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | 1 | $10^{3}$ |
| 1 cm (Zentimeter) | $10^{-9}$ | $10^{-6}$ | $10^{-3}$ | 1 |

**Die Daten der Miniaturröhren**

| Typ | Art und Verwendung | | Heizspannung V | Heizstrom mA | Anoden-spannung V | Anodenstrom mA | Schirmgitter-spannung V | Schirm-gitterstrom mA | Gitter-vorspannung V | Steilheit mA/V | Innen-widerstand kΩ | Außen-widerstand kΩ | Sprechleistung bzw. Verstär-kungsfaktor | maximale Anoden-belastung W | maximale Schirmgitter-belastung W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DAF 96 | Diode f. AM, Pentode | NF | 1,4 | 25 | 67,5 | 0,53 | 67,5 | 0,16 | 0 | 0,25 | 2 500 | 1 000 | ~65fach | 0,03 | 0,01 |
| DAF 191 | Diode f. AM, Pentode | NF | 1,4 | 50 | 90 | 2,2 | 90 | 0,8 | 0 | 0,7 | 600 | 1 000 | ~65fach | 0,15 | 0,05 |
| DC 90 | UKW-Triode add. Misch. | | 1,4 | 50 | 90 | 3 | — | — | —3 | 1,1 | 10,7 | — | — | 0,6 | — |
| DF 96 | Regelpentode | HF | 1,4 | 25 | 85 | 1,65 | 67,5 | 0,55 | 0 | 0,85 | 1 000 | — | — | 0,25 | 0,1 |
| DF 191 | Regelpentode | HF | 1,4 | 50 | 67,5 | 3,4 | 67,5 | 1,5 | 0 | 0,85 | <10 000 | — | — | 0,35 | 0,12 |
| DK 96 | Regelhept. | Misch + Osz. | 1,4 | 25 | 85 | 0,6 | 85 | 1,65 | 0 | 0,6 | 800 | — | — | 0,15 | 0,1 |
| DK 192 | Regelhept. | Misch + Osz. | 1,4 | 50 | 90 | 0,65 | 90 | 1,92 | 0 | 0,25 | 330 | 435 | — | 0,2 | 0,25 |
| DL 94 | Endpentode | A-Betr. | 1,4/2,8 | 100/50 | 90 | 8 | 90 | 1,8 | —5,1 | 2 | 110 | 8 | 310 mW | 1,2 | 0,45 |
| DL 96 | Endpentode | A-Betr. | 1,4/2,8 | 50/25 | 64 | 3,5 | 64 | 0,65 | —5,2 | 1,3 | 150 | 15 | 100 mW | 0,6 | 0,2 |
| DL 192 | Endpentode | A-Betr. | 1,4/2,8 | 100/50 | 67,5 | 7 | 67,5 | 2 | —7 | 1,5 | 100 | 5 | 165 mW | 0,85 | 0,22 |
| DL 193 | Endpentode | A-Betr. | 1,4/2,8 | 200/100 | 150 | 10 | 67,5 | 2,6 | —7,5 | 2,2 | 90 | 12 | 0,6 W | 1,5 | 0,35 |
| DM 70/71 | Abstimmanzeiger | — | 1,4 | 25 | 85 | 0,11 | — | — | —10 | — | — | 1 000 | — | 0,075 | — |
| EAA 91 | Duodiode f. FM | — | 6,3 | 300 | — | <9 | — | — | — | — | 0,3 | — | — | 0,5 | — |
| EABC 80 | Dreifachdiode f. AM/FM | NF | 6,3 | 450 | 250 | 1 | — | — | —3 | 1,2 | 58 | 300 | 60fach | 1 | — |
| EAF 81 | Diode-Regelpentode | | 6,3 | 300 | 250 | 9 | 100 | 2,7 | —2 | 3,8 | 1 000 | — | — | 2,25 | 0,45 |
| EBF 80 | Duodiode-Regelpentode | HF-ZF | 6,3 | 300 | 250 | 5 | 85 | 1,75 | —2 | 2,2 | 1 400 | — | — | 1,5 | 0,3 |
| EBF 89 | Duodiode-Regelpentode | HF-ZF | 6,3 | 300 | 250 | 9 | 100 | 2,7 | —2 | 3,8 | 1 000 | — | — | 2,25 | 0,45 |
| EC 86 | UHF-Triode | — | 6,3 | 180 | 175 | 12 | — | — | —1,5 | 14 | — | — | 70fach | 2,2 | — |
| EC 92 | UKW-Triode | — | 6,3 | 150 | 250 | 10 | — | — | —2 | 5,5 | 11 | — | 60fach | 2,5 | — |
| ECC 81 | UKW-Doppeltriode | — | 6,3/12,6 | 300/150 | 250 | 10 | — | — | —2 | 5,5 | 11 | — | 60fach | 2,5 | — |
| ECC 82 | Doppeltriode | HF-NF | 6,3/12,6 | 300/150 | 250 | 10,5 | — | — | —8,5 | 2,2 | 7,7 | — | 17fach | 2,75 | — |
| ECC 83 | Doppeltriode | HF-NF | 6,3/12,6 | 300/150 | 250 | 1,2 | — | — | —2 | 1,6 | 62,5 | — | 100fach | 1 | — |
| ECC 84 | UKW-Doppeltriode | — | 6,3 | 340 | 90 | 12 | — | — | —1,5 | 6 | 4 | — | 24fach | 2 | — |
| ECC 85 | UKW-Doppeltriode | — | 6,3 | 380 | 250 | 10 | — | — | —2,3 | 6 | 9,7 | — | 58fach | 2,5 | — |
| ECC 88 | Steile Doppeltriode | | 6,3 | 335 | 90 | 15 | — | — | —1,3 | 12,5 | — | — | 33fach | 1,8 | — |
| ECC 813 | Doppeltriode | | 6,3 | 600 | 250 | 14,5 | — | — | — | 5,2 | 3,8 | — | 20fach | 4,0 | — |
| ECF 82 | Triode-Pentode | HF | 6,3 | 450 | 250 | 10 | 110 | 3,5 | —0,9 | 5,5 | 400 | — | — | 2 | 0,5 |
| | | HF | — | — | — | 5,7 | — | — | —2 | 5,8 | 6 | — | 35fach | 1,5 | — |
| ECF 803 | Triode-Regelpentode | | 6,3 | 380 | 170 | 10 | 120 | 3 | —1,4 | 11 | 350 | — | — | 2 | 0,3 |
| | | | | | 100 | 15 | — | — | —3 | 9 | — | — | 20fach | 1,5 | — |

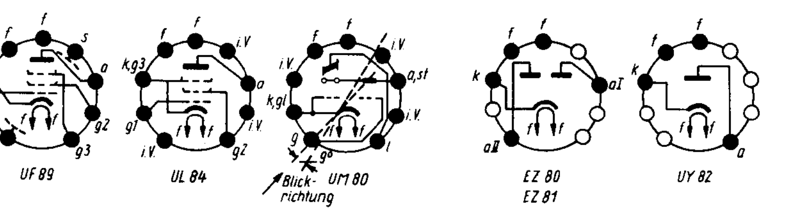

DAF 96
DAF 191
DC 90
DF 96
DF 191
DK 96
DK 192
DL 94
DL 96
DL 192
DL 193
DM 70
DM 71
EAA 91
EABC 80
EAF 81
EBF 80
EBF 89
EC 86
PC 86
EC 92
ECC 81
ECC 82
ECC 83
ECC 84
ECC 85
ECC 88
ECC 813
ECF 82
ECF 803
ECH 81
ECH 84
ECL 81
ECL 82
ECL 84
ECL 85
PCL 85
ECL 86
PCL 86
EF 80; EF 183
EF 85; EF 184
EF 86
EF 89
EH 90
EL 34

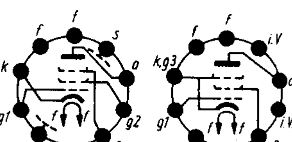

EL 36
EL 81
EL 83
EL 84
EL 86
EL 95
PL 95
EL 500/EL 504
EL 509
EM 80
Blickrichtung
EM 83
Blick-
richtung
EM 84
PM 84
PABC 80
PC 88
PC 96
PCC 84
PCC 85
PCC 88
PCF 82
PCF 802
PCL 81
PCL 82
PCL 84
PCF 801
PFL 200
PL 36
PL 81
PL 83
PL 84
PL 500/PL 504
PL 509
UABC 80
UBF 80
UBF 89
UC 92
UCC 85
UCH 81
UCL 81
UCL 82

| Typ | Art und Verwendung | Heizspannung V | Heizstrom mA | Anodenspannung V | Anodenstrom mA | Schirmgitterspannung V | Schirmgitterstrom mA | Gittervorspannung V | Steilheit mA/V | Innenwiderstand kΩ | Außenwiderstand kΩ | Sprechleistung bzw. Verstärkungsfaktor | maximale Anodenbelastung W | maximale Schirmgitterbelastung W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ECH 81 | Triode-Heptode Misch. | 6,3 | 300 | 250 | 6,5 | 100 | 3,75 | — 2 | 2,4 | 700 | — | — | 1,7 | 1 |
| | Osz. | — | — | 250 | 5 | — | — | 0 | 3,7 | 6 | — | — | 0,8 | — |
| ECH 84 | Triode-Heptode | 6,3 | 300 | 135 | 1,7 | 14 | 0,9 | 0 | 2,2 | — | — | — | 1,7 | 0,8 |
| | | | | 50 | 3 | — | — | 0 | 3,7 | — | — | 50fach | 1,0 | — |
| ECL 81 | Triode-Endpentode A-Betr. | 6,3 | 700 | 200 | 30 | 200 | 4,8 | — 7 | 8,75 | 22 | 7 | 2,4 W | 6,5 | 1,5 |
| | NF | — | — | 150 | 1,3 | — | — | — 1,9 | 1,6 | 35 | — | 55fach | 1 | — |
| ECL 82 | Triode-Endpentode A-Betr. | 6,3 | 780 | 200 | 35 | 200 | 7 | —16 | 6,4 | 20 | 5,6 | 3,5 W | 7 | 1,8 |
| | NF | — | — | 100 | 3,5 | — | — | 0 | 2,5 | 28 | — | 70fach | 1 | — |
| ECL 84 | Triode-Endpentode A-Betr. | 6,3 | 720 | 220 | 18 | 220 | 3,1 | — 3,4 | 10 | 150 | 3 | — | 4 | 1,7 |
| | NF | — | — | 200 | 3 | — | — | — 1,7 | 4 | — | — | 65fach | 1 | — |
| ECL 85 | Triode-Endpentode | 6,3 | 900 | 50 | 200 | 170 | 35 | — 1 | — | — | — | — | 9,0 | 2,0 |
| | | | | 100 | 10 | — | — | — | 5,5 | 9 | — | 50fach | 0,5 | — |
| ECL 86 | Triode-Endpentode | 6,3 | 700 | 250 | 36 | 250 | 6 | — 7 | 10 | 48 | 7 | — | 9,0 | 1,5 |
| | | | | 250 | 1,2 | — | — | — 1,9 | 1,6 | — | — | 100fach | — | 0,5 |
| EF 80 | Steile Pentode HF-ZF | 6,3 | 300 | 250 | 10 | 250 | 2,8 | — 3,5 | 6,8 | 650 | — | — | 2,5 | 0,7 |
| EF 85 | Steile Regelpentode HF-ZF | 6,3 | 300 | 250 | 10 | 100 | 2,5 | — 2 | 6 | 500 | — | — | 2,5 | 0,65 |
| EF 86 | NF-Pentode NF | 6,3 | 200 | 250 | 3 | 140 | 0,6 | — 2 | 2 | 2 500 | 200 | 175fach | 1 | 0,2 |
| EF 89 | Mittelsteile Regelpentode HF-ZF | 6,3 | 200 | 250 | 9 | 100 | 3 | — 2 | 3,6 | 1 000 | — | — | 2,25 | 0,45 |
| EF 183 | Steile HF-Pentode | 6,3 | 300 | 200 | 12 | 90 | 4,5 | — 2,0 | 12,5 | 500 | — | — | 2,5 | 0,65 |
| EF 184 | Steile HF-Pentode | 6,3 | 300 | 200 | 10 | 200 | 4,1 | — 2,5 | 15,0 | 380 | — | — | 2,5 | 0,9 |
| EH 90 | Spezial-Heptode — | 6,3 | 300 | 100 | 0,75 | 30 | 1,1 | — 1 | 1 | 1 000 | — | — | 1 | 1 |
| EL 34 | Endpentode A-Betr. | 6,3 | 1 500 | 250 | 120 | 265 | 14,9 | —13,5 | 11 | 15 | 2 | 11 W | 25 | 8 |
| EL 36 | Endpentode A-Betr. | 6,3 | 1 200 | 170 | 100 | 170 | 7 | — 8,2 | 14 | 5 | — | — | 8 | 5 |
| EL 81 | Endpentode A-Betr. | 6,3 | 1 000 | 250 | 32 | 250 | 2,4 | —38,5 | 4,6 | 15 | — | — | 8 | 4,5 |
| EL 83 | Endpentode A-Betr. | 6,3 | 700 | 250 | 36 | 250 | 5 | — 5,5 | 10,5 | 100 | 5 | — | 9 | 2 |
| EL 84 | Endpentode A-Betr. | 6,3 | 760 | 250 | 48 | 250 | 5,5 | — 7,3 | 11,3 | 30 | 5,2 | 5,3 W | 12 | 1,5 |
| EL 86 | Endpentode A-Betr. | 6,3 | 760 | 170 | 70 | 170 | 5 | —12,5 | 10 | 23 | 2,4 | 5,6 W | 12 | 1,75 |
| EL 95 | Endpentode A-Betr. | 6,3 | 200 | 250 | 24 | 250 | 4,5 | — 9 | 5 | 80 | 10 | 3 W | 6 | 1,25 |
| EL 500 | Endpentode | 6,3 | 1 350 | 75 | 440 | 200 | 37 | —10 | — | — | — | — | 12,0 | 5,0 |
| EL 504 | Endpentode | 6,3 | 1 350 | 50 | 420 | 200 | 37 | —10 | — | — | — | — | 21,0 | 6,0 |
| EL 509 | Endpentode | 6,3 | 2 000 | 160 | 1 000 | 160 | 45 | —100 | — | — | — | — | 40,0 | 9,0 |
| EM 80 | Abstimmanzeigeröhre — | 6,3 | 300 | 250 | 0,4 | — | — | —20 | — | — | 500 | — | 0,2 | — |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EM 83 | Abstimmanzeigeröhre | — | 6,3 | 300 | 250 | 2,5 | — | — | — 8 | — | — | 1 000 | — | — | — |
| EM 84 | Abstimmanzeigeröhre | — | 6,3 | 270 | 250 | 0,45 | — | — | —22 | — | — | 1 000 | — | 0,5 | — |
| PABC 80 | Dreifachdiode-Triode | NF | 9,5 | 300 | 200 | 0,45 | — | — | — 2 | 1,5 | 46 | 300 | 57fach | 1 | — |
| PC 86 | UHF-Triode | — | 3,8 | 300 | 175 | 12 | — | — | — 1,5 | 14 | — | — | 70fach | 2,2 | — |
| PC 88 | Steile HF-Triode | | 3,8 | 300 | 160 | 12,5 | — | — | — | 13,5 | — | — | 65fach | 2,0 | — |
| PC 96 | VHF-Triode | — | 3,5 | 300 | 200 | 12 | — | — | — 0,9 | 7,2 | — | — | 67fach | 2,5 | — |
| PCC 84 | UKW-Doppeltriode | — | 7,2 | 300 | 90 | 12 | — | — | — 1,5 | 6 | 4 | — | 24fach | 2 | — |
| PCC 85 | UKW-Doppeltriode | — | 8 | 300 | 170 | 10 | — | — | — 1,5 | 6,2 | 8 | — | 50fach | 2,5 | — |
| PCC 88 | Steile Doppeltriode | | 7,0 | 300 | 90 | 15,0 | — | — | — 1,3 | 12,5 | — | — | 33fach | 1,8 | — |
| PCF 82 | Triode-Pentode | HF | 9,5 | 300 | 170 | 10 | 110 | 3,5 | — 0,9 | 5,5 | 400 | — | — | 2 | 0,5 |
| | | HF | | | 150 | 11 | — | — | — 2 | 5,8 | 6 | — | 35fach | 1,5 | — |
| PCF 801 | Triode-Regelpentode | | 8,5 | 300 | 100 | 15,0 | — | — | — | 9,0 | — | — | 20fach | 1,5 | — |
| | | | | | 170 | 10,0 | 120 | 3,0 | — | 11,0 | 350 | — | — | 2,0 | 0,3 |
| PCF 802 | Triode-Pentode | | 9,0 | 300 | 200 | 3,5 | — | — | — 2,0 | 3,5 | 20 | — | 70fach | 1,4 | — |
| | | | | | 100 | 6,0 | 100 | 1,7 | — 1,0 | 5,5 | — | — | — | 1,2 | 0,8 |
| PCL 81 | Triode-Endpentode | A-Betr. | 14,7 | 300 | 170 | 30 | 170 | 4,8 | — 5,3 | 8,75 | 22 | 6 | 2,2 W | 6,5 | 1,5 |
| | | NF | | | 150 | 1,3 | — | — | — 1,9 | 1,6 | 35 | 200 | 55fach | 1 | — |
| PCL 82 | Triode-Endpentode | A-Betr. | 16 | 300 | 200 | 35 | 200 | 7 | —16 | 6,4 | 20 | 5,6 | 3,5 W | 7 | 1,8 |
| | | NF | | | 100 | 3,5 | — | — | 0 | 2,5 | 28 | — | 70fach | 1 | — |
| PCL 84 | Triode-Endpentode | A-Betr. | 15 | 300 | 200 | 18 | 200 | 3,1 | — 2,9 | 10,4 | 130 | 3 | — | 4 | 1,7 |
| | | NF | | | 200 | 3 | — | — | — 1,7 | 4 | — | — | 65fach | 1 | — |
| PCL 85 | Triode-Endpentode | | 18,0 | 300 | 50 | 200 | 170 | 35 | — 1,0 | — | — | — | — | 9,0 | 2,0 |
| | | | | | 100 | 10,0 | — | — | 0 | 5,5 | — | — | 50fach | 0,5 | — |
| PCL 86 | Triode-Endpentode | | 13,0 | 300 | 230 | 39,0 | 230 | 6,5 | — 5,7 | 10,5 | 45 | — | — | 9,0 | 1,5 |
| | | | | | 230 | 1,2 | — | — | — 1,7 | 1,6 | — | — | 100fach | 0,5 | — |
| PFL 200 | Pentode-Endpentode | | 17,0 | 300 | 150 | 10,0 | 150 | 3,0 | — 2,1 | 8,5 | 150 | — | 36fach | 1,5 | 0,5 |
| | | | | | 170 | 30,0 | 170 | 7,2 | — 2,6 | 21,0 | 33 | — | 35fach | 5,0 | 2,5 |
| PL 36 | Endpentode | A-Betr. | 25 | 300 | 100 | 100 | 100 | 7 | — 8,2 | 14 | 5 | — | — | 8 | 5 |
| PL 81 | Endpentode | A-Betr. | 21,5 | 300 | 200 | 40 | 200 | 2,8 | —28 | 6 | 11 | — | — | 8 | 4,5 |
| PL 83 | Endpentode | A-Betr. | 15 | 300 | 200 | 36 | 200 | 5 | — 3,5 | 10,5 | 100 | 5 | — | 9 | 2 |
| PL 84 | Endpentode | A-Betr. | 15 | 300 | 170 | 70 | 170 | 5 | —12,5 | 10 | 23 | 2,4 | 5,6 W | 12 | 1,75 |
| PL 95 | Endpentode | A-Betr. | 4,5 | 300 | 200 | 23 | 200 | 4,3 | — 6,2 | 5 | 80 | 8 | 2,3 W | 6 | 1,25 |
| PL 500 | Endpentode | | 27,0 | 300 | 75 | 440 | 200 | 37,0 | —10 | — | — | — | — | 12,0 | 5,0 |
| PL 504 | Endpentode | | 27,0 | 300 | 50 | 420 | 200 | 37,0 | —10 | — | — | — | — | 21,0 | 6,0 |
| PL 509 | Endpentode | | 40,0 | 300 | 160 | 1 000 | 160 | 45,0 | —100 | — | — | — | — | 40,0 | 9,0 |
| PM 84 | Abstimmanzeigeröhre | — | 4,25 | 300 | 170 | 0,3 | — | — | —15 | — | — | 470 | — | 0,5 | — |
| UABC 80 | Dreifachdiode-Triode | NF | 28,5 | 100 | 200 | 1,35 | — | — | — 2 | 1,5 | 46 | 300 | 70fach | 1 | — |
| UBF 80 | Duodiode-Regelpentode | HF-ZF | 19 | 100 | 250 | 5 | 85 | 1,75 | — 2 | 2,2 | 1 400 | — | — | 1,5 | 0,3 |
| UBF 89 | Duodiode-Regelpentode | HF-ZF | 19 | 100 | 200 | 11 | 100 | 3,3 | — 1,5 | 4,5 | 600 | — | — | 2,25 | 0,45 |
| UC 92 | UKW-Triode | — | 8,7 | 100 | 200 | 8,5 | — | — | — 1,5 | 5,6 | 11,2 | — | 62fach | 2,5 | — |

| Typ | Art und Verwendung | Heizspannung V | Heizstrom mA | Anoden-spannung V | Anodenstrom mA | Schirmgitter-spannung V | Schirm-gitterstrom mA | Gitter-vorspannung V | Steilheit mA/V | Innen-widerstand kΩ | Außen-widerstand kΩ | Sprechleistung bzw. Verstär-kungsfaktor | maximale Anoden-belastung W | maximale Schirmgitter-belastung W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| UCC 85 | UKW-Doppeltriode — | 23,5 | 100 | 170 | 10 | — | — | — 1,5 | 6,2 | 8 | — | 50fach | 2,5 | — |
| UCH 81 | Triode-Hept. Misch + Osz. | 19 | 100 | 250 | 6,5 | 100 | 3,75 | — 2 | 2,4 | 700 | — | — | 1,7 | 1 |
| | | | | 100 | 13,5 | — | — | 0 | 3,5 | 6 | — | 22fach | 0,8 | — |
| UCL 81 | Triode-Endpentode A-Betr. | 38 | 100 | 200 | 30 | 200 | 4,8 | — 7 | 8,75 | 22 | 7 | 2,4 W | 6,5 | 1,5 |
| | NF | — | — | 150 | 1,3 | — | — | — 1,9 | 1,6 | 35 | — | 59fach | 1 | — |
| UCL 82 | Triode-Endpentode A-Betr. | 50 | 100 | 200 | 35 | 200 | 7 | —16 | 6,4 | 20 | 5,6 | 3,5 W | 7 | 1,8 |
| | NF | — | — | 100 | 3,5 | — | — | 0 | 2,5 | 28 | — | 70fach | 1 | — |
| UF 89 | Mittelsteile Regelpentode HF-ZF | 12,6 | 100 | 170 | 12 | 100 | 4,4 | — 1 | 4,4 | 300 | — | — | 2,25 | 0,45 |
| UL 84 | Endpentode A-Betr. | 45 | 100 | 170 | 70 | 170 | 5 | —12,5 | 10 | 23 | 2,4 | 5,6 W | 12 | 1,75 |
| UM 80 | Abstimmanzeigeröhre — | 18 | 100 | 200 | 0,35 | — | — | —14 | — | — | 500 | — | 0,2 | — |
| EZ 80 | Zweiweg-Netzgleichrichter — | 6,3 | 600 | 350 | 90 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EZ 81 | Zweiweg-Netzgleichrichter — | 6,3 | 1 000 | 350 | 150 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| UY 82 | Einweg-Netzgleichrichter — | 55 | 100 | 220 | 180 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |



## Röhrenvergleichsliste

| RFT-Bezeichnung | UdSSR-Typ | Austauschtyp |
|---|---|---|
| EAA 91 | 6 Х 2 П | 6 AL 5 |
| EABC 80 | 6 Г 3 П | 6 AK 8, 6 T 8 |
| EBF 80 | — | 6 N 8 |
| EBF 89 | — | 6 DC 8 |
| EC 86 | — | 6 CM 4 |
| EC 92 | 6 С 1 П | 6 AB 4 |
| ECC 81 | 6 Н 1 П | 12 AT 7 |
| ECC 82 | 6 Н 4 П | 12 AU 7 |
| ECC 83 | 6 Н 2 П | 12 AX 7 |
| ECC 84 | 6 Н 14 П | 6 CW 7 |
| ECC 85 | 6 Н 3 П | 6 AQ 8 |
| ECC 88 | 6 Н 23 П | 6 DJ 8 |
| ECC 813 | — | 6463 |
| ECF 82 | 6 Ф 1 П | 6 U 8 |
| ECH 81 | 6 И 14 П | 6 AJ 8 |
| ECH 84 | — | 6 JX 8 |
| ECL 82 | 6 Ф 3 П | 6 BM 8 |
| ECL 84 | 6 Ф 4 П | 6 DX 8 |
| ECL 85 | 6 Ф 5 П | — |
| ECL 86 | — | 6 GW 8 |
| EF 80 | — | 6 BX 6 |
| EF 85 | — | 6 BY 7 |
| EF 86 | 6 Ж 32 П | 6 BK 8 |
| EF 89 | — | 6 DA 6 |
| EF 183 | 6 К 13 П | 6 EH 7 |
| EF 184 | 6 Ж 51 П | 6 EJ 7 |
| EH 90 | — | 6 CS 6 |
| EL 34 | — | 6 CA 7 |
| EL 36 | 6 П 31 С | 6 CM 5 |
| EL 81 | — | 6 CJ 6 |
| EL 83 | 6 П 15 П | 6 CK 6 |
| EL 84 | 6 П 14 П | 6 BQ 5 |
| EL 86 | 6 П 33 П | 6 CW 5 |
| EL 95 | — | 6 DL 5 |

| RFT-Bezeichnung | UdSSR-Typ | Austauschtyp |
|---|---|---|
| EL 500 | 6 П 36 С | 6 GB 5 A |
| EM 80 | 6 Е 1 П | 6 BR 5 |
| EM 84 | 6 Е 3 П | 6 FG 6 |
| PABC 80 | — | 9 AK 8 |
| PC 86 | — | 4 CM 4 |
| PC 88 | — | 4 DL 4 |
| PCC 84 | — | 7 AN 7 |
| PCC 85 | — | 9 AQ 8 |
| PCC 88 | — | 7 DJ 8 |
| PCF 82 | — | 9 U 8 |
| PCF 801 | — | 8 GJ 7 |
| PCF 802 | — | 8 JW 8 |
| PCL 82 | — | 16 A 8 |
| PCL 84 | — | 15 DQ 8 |
| PCL 85 | — | 18 GV 8 |
| PCL 86 | — | 14 GW 8 |
| PL 36 | — | 25 E 5 |
| PL 81 | — | 21 A 6 |
| PL 83 | — | 15 A 6 |
| PL 84 | — | 15 CW 5 |
| PL 500 | — | 28 GB 5 |
| UABC 80 | — | 10 LD 12 |
| UBF 80 | — | 17 N 8 |
| UBF 89 | — | 10 FD 12 |
| UC 92 | — | 9 AB 4 |
| UCC 85 | — | 10 LD 14 |
| UCH 81 | — | 19 D 8 |
| UCL 82 | — | 50 BM 8 |
| UF 89 | — | 10 F 18 |
| UL 84 | — | 45 B 5 |
| UM 80 | — | 19 BR 5 |
| EZ 80 | — | 6 V 4 |
| EZ 81 | — | 6 CA 4 |
| UY 82 | — | 55 N 3 |

**Die Daten der DDR-Transistoren**

| Typ | $U_{CBO}$ V | $I_{C\,max}$ [A] mA | $P_{C\,max}$ [W] mW | $\beta$ [$\alpha$] | bei $I_C$ mA | $f_T$ [$F_\beta$] MHz | $F$ dB | $R_{th}$ [grd/W] grd/mW | $t_j$ °C | Verwendung | Anschluß-schema |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GC 100 | 15 | 15 | 30 | 18 | 2 | 1,0 | 25 | 1,0 | 75 | NF-Vorstufen | 1 |
| GC 101 | 15 | 15 | 30 | 18 | 2 | 1,0 | 10 | 1,0 | 75 | rauscharm | 1 |
| GC 102 | 15 | 50 | 60 | 29 | 2 | 6,0 | 20 | 0,5 | 75 | NF-Vorstufen | 1 |
| GC 103 | 15 | 15 | 60 | 29 | 2 | 1,2 | 10 | 0,5 | 75 | | 1 |
| GC 104 | 15 | 15 | 60 | 29 | 2 | 1,2 | 5 | 0,5 | 75 | rauscharm | 1 |
| GC 111 | 80 | 125 | 120 | 10 | 2 | 0,3 | — | 0,43 | 75 | NF-Transistor, | 1 |
| GC 112 | 80 | 125 | 120 | 10 | 2 | 0,3 | — | 0,43 | 75 | hohe Sperrspannung | 1 |
| GC 115 | 20 | 125 | 120 | 10 | 2 | 0,5 | 25 | 0,43 | 75 | | 1 |
| GC 116 | 20 | 150 | 120 | 28 | 2 | 0,75 | 20 | 0,38 | 80 | NF-Transistor | 1 |
| GC 117 | 25 | 150 | 120 | 45 | 2 | 1,2 | 10 | 0,38 | 80 | | 1 |
| GC 118 | 25 | 150 | 120 | 45 | 2 | 1,2 | 5 | 0,38 | 80 | rauscharm | 1 |
| GC 120 | 20 | 150 | 120 | 11 | 80 | 0,5 | 20 | 0,43 | 75 | | 1 |
| GC 121 | 25 | 250 | 120 | 28 | 100 | [0,012] | — | 0,38 | 80 | NF-Endstufen | 1 |
| GC 122 | 35 | 250 | 120 | 18 | 100 | [0,012] | — | 0,38 | 80 | | 1 |
| GC 123 | 70 | 250 | 120 | 18 | 100 | [0,012] | — | 0,38 | 80 | hohe Sperrspannung | 1 |
| GC 300 | 20 | 500 | 400 | 18 | 350 | [0,01] | — | [75] | 75 | | 1 |
| GC 301 | 32 | [1] | 400 | 18 | 350 | [0,01] | — | [75] | 75 | | 1 |
| GD 100 | 20 | [1] | [1] | 10 | 100 | 0,1 | — | [15] | 75 | NF-Endstufen | 2 |
| GD 110 | 20 | [1] | [1] | 20 | 100 | 0,2 | — | [15] | 75 | | 2 |
| GD 120 | 33 | [1] | [1] | 20 | 100 | 0,2 | — | [15] | 75 | | 2 |
| GD 125 | 66 | [1] | [1] | 20 | 100 | 0,2 | — | [15] | 75 | | 2 |
| GD 130 | 66 | [1] | [1] | 20 | 100 | 0,2 | — | [15] | 75 | Schalter, BMSR | 2 |
| GD 150 | 20 | [3] | [4] | 10 | 200 | 0,2 | — | [7,5] | 75 | | 2 |
| GD 160 | 20 | [3] | [5,3] | 18 | 200 | 0,3 | — | [7,5] | 85 | | 2 |
| GD 170 | 33 | [3] | [5,3] | 18 | 200 | 0,3 | — | [7,5] | 85 | NF-Endstufen | 2 |
| GD 175 | 50 | [3] | [5,3] | 18 | 200 | 0,3 | — | [7,5] | 85 | Schalter | 2 |
| GD 180 | 66 | [3] | [5,3] | 18 | 200 | 0,3 | — | [7,5] | 85 | BMSR | 2 |
| GD 190 | 30 | [1,5] | [4] | 20 | — | 0,35 | — | [10] | 85 | | 2 |
| GD 191 | 40 | [1,5] | [4] | 20 | — | 0,35 | — | [10] | 85 | NF-Endstufen | 2 |
| GD 192 | 50 | [1,5] | [4] | 20 | — | 0,35 | — | [10] | 85 | Schalter, BMSR | 2 |
| GD 200 | 30 | [6] | [15] | 15 | 6 000 | 0,2 | — | [2] | 75 | | 2 |
| GD 210 | 60 | [6] | [15] | 15 | 6 000 | 0,2 | — | [2] | 75 | NF-Endstufen | 2 |
| GD 220 | 80 | [6] | [15] | 15 | 6 000 | 0,2 | — | [2] | 75 | Schalter, BMSR | 2 |
| GD 240 | 40 | [3] | [10] | 20 | 2 000 | 0,35 | — | [4] | 85 | NF-Endstufen, | 2 |
| GD 241 | 50 | [3] | [10] | 20 | 2 000 | 0,35 | — | [4] | 85 | Schalter | 2 |
| GD 242 | 50 | [3] | [10] | 20 | 2 000 | 0,35 | — | [4] | 85 | BMSR | 2 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GD 243 | 65 | [3] | [10] | 20 | 2 000 | 0,35 | — | [4] | 85 | NF-Endstufen, Schalter | 2 |
| GD 244 | 75 | [3] | [10] | 20 | 2 000 | 0,35 | — | [4] | 85 | BMSR | 2 |
| GF 100 | 15 | 15 | 30 | 20 | 2 | 3 | 15 | 1 | 75 | AM-ZF | 1 |
| GF 105 | 15 | 15 | 30 | 20 | 2 | 7 | 20 | 1 | 75 | Mischer bis 2 MHz | 1 |
| GF 108 | 15 | 15 | 30 | 29 | 2 | 6 | — | 0,5 | 75 | HF-Transistor | 1 |
| GF 120 | 25 | 10 | 50 | 20 | 1 | 30 | — | 0,6 | 75 | Mischer LW/MW | 3 |
| GF 121 | 25 | 10 | 50 | 20 | 1 | 50 | — | 0,6 | 75 | KW bis 8 MHz | 3 |
| GF 122 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 50 | — | 0,6 | 75 | FM-ZF | 3 |
| GF 125 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 60 | — | 0,6 | 75 | | 3 |
| GF 126 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 40 | — | 0,6 | 75 | AM-ZF | 3 |
| GF 128 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 100 | — | 0,6 | 75 | HF bis 37 MHz | 3 |
| GF 129 | 25 | 10 | 30 | 40 | 1 | 75 | — | 1 | 75 | AM-Mischer | 3 |
| GF 130 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 75 | — | 0,6 | 75 | FM-ZF | 3 |
| GF 131 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 85 | — | 0,6 | 75 | UKW-Mischer | 3 |
| GF 132 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 85 | — | 0,6 | 75 | UKW-Vorstufe | 3 |
| GF 139 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 75 | — | 0,6 | 75 | FM-ZF | 3 |
| GF 140 | 25 | 70 | 180 | 25 | 10 | 200 | — | — | 100 | | 1 |
| GF 141 | 25 | 70 | 180 | 25 | 10 | 400 | — | — | 100 | HF-Verstärker | 1 |
| GF 142 | 25 | 70 | 180 | 25 | 10 | 200 | — | — | 100 | bis 260 MHz | 1 |
| GF 143 | 25 | 70 | 180 | 25 | 10 | 400 | — | — | 100 | | 1 |
| GF 145 | 20 | 10 | 60 | 10 | 1,5 | 600 | — | 0,75 | 90 | UHF bis 860 MHz | 4 |
| GF 146 | 20 | 10 | 60 | 10 | 1,5 | 500 | — | 0,75 | 90 | UHF bis 260 MHz | 4 |
| GF 147 | 20 | 10 | 60 | 10 | 2 | 650 | — | 0,75 | 90 | UHF bis 900 MHz | 4 |
| GF 180 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 10 | — | 0,6 | 75 | FM-ZF | 3 |
| GF 181 | 25 | 10 | 50 | 40 | 1 | 100 | — | 0,6 | 75 | UKW-Mischer | 3 |
| GS 100 | 25 | 50 | 30 | 29 | 50 | 15 | — | 1 | 75 | | 1 |
| GS 109 | 20 | ***50*** | 85 | 29 | 50 | — | — | 0,5 | 85 | Schalter | 1 |
| GS 110 | 20 | 200 | 85 | 29 | 300 | — | — | 0,5 | 85 | für mittlere | 1 |
| GS 111 | 20 | 200 | 85 | 29 | 300 | — | — | 0,5 | 85 | Geschwindigkeit | 1 |
| GS 112 | 20 | 200 | 85 | 29 | 300 | — | — | 0,5 | 85 | | 1 |
| GS 121 | 30 | 100 | — | 28 | 100 | — | 25 | 0,38 | 80 | langsamer | 1 |
| GS 122 | 30 | 100 | — | 28 | 100 | — | 25 | 0,38 | 80 | Schalter | 1 |
| SC 100 | 10 | 50 | 250 | 8 | 1 | [2,3] | 15 | 0,42 | 150 | | 1 |
| SC 103 | 10 | 50 | 250 | 18 | 1 | [4,2] | 15 | 0,42 | 150 | NF-Vorstufen | 1 |
| SC 104 | 10 | 50 | 250 | 29 | 1 | [6,0] | 15 | 0,42 | 150 | Schalter | 1 |
| SC 106 | 10 | 50 | 250 | 10 | 1 | — | — | 0,42 | 150 | | 1 |
| SC 107 | 25 | 50 | 250 | 8 | 1 | — | — | 0,42 | 150 | | 1 |
| SC 108 | 10 | 50 | 250 | 10 | 1 | — | — | 0,42 | 150 | Si-Legierungs- | 1 |
| SC 109 | 9 | 50 | 250 | 20 | 1 | — | — | 0,42 | 150 | transistor | 1 |
| SC 110 | 20 | 250 | 600 | 18 | 50 | 40 | — | 0,25 | 175 | NF-Transistor | 1 |
| SC 111 | 30 | 250 | 600 | 18 | 2 | 60 | 8 | 0,25 | 175 | rauscharm | 1 |
| SC 112 | 20 | 250 | 600 | 57 | 2 | 60 | 5 | 0,25 | 175 | | 1 |

| Typ | $U_{CBO}$ V | $I_{C\,max}$ [A] mA | $P_{C\,max}$ [W] mW | $\beta$ [$\alpha$] | bei $I_C$ mA | $F_T$ [$F_\beta$] MHz | $F$ dB | $R_{th}$ [grd/W] grd/mW | $t_j$ °C | Verwendung | Anschluß-schema |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SC 206 | 20 | 100 | 200 | 28 | 2 | 300 | — | 0,5 | 125 | NF-Vorstufen | 5 |
| SC 207 | 20 | 100 | 200 | 28 | 2 | 300 | 8 | 0,5 | 125 | | 5 |
| SF 021 | 20 | 500 | 600 | 18 | 10 | 60 | — | 0,25 | 175 | | 1 |
| SF 022 | 33 | 500 | 600 | 18 | 10 | 60 | — | 0,25 | 175 | NF- und | 1 |
| SF 023 | 66 | 500 | 600 | 18 | 10 | 60 | — | 0,25 | 175 | HF-Verstärker, | 1 |
| SF 024 | 100 | 500 | 600 | 18 | 10 | 60 | — | 0,25 | 175 | Schalter | 1 |
| SF 025 | 120 | 500 | 600 | 18 | 10 | 60 | — | 0,25 | 175 | | 1 |
| SF 111 | 20 | 200 | 400 | 12 | 100 | 40 | — | 0,3 | 150 | | 1 |
| SF 112 | 30 | 200 | 400 | 12 | 100 | 40 | — | 0,3 | 150 | HF-Verstärker | 1 |
| SF 113 | 60 | 200 | 400 | 12 | 100 | 40 | — | 0,3 | 150 | Schalter | 1 |
| SF 114 | 100 | 200 | 400 | 12 | 100 | 40 | — | 0,3 | 150 | | 1 |
| SF 121 | 20 | 100 | 600 | 18 | 50 | 60 | 5,5 | 0,25 | 175 | NF- und | 1 |
| SF 122 | 33 | 100 | 600 | 18 | 50 | 60 | 5,5 | 0,25 | 175 | HF-Verstärker, | 1 |
| SF 123 | 66 | 100 | 600 | 18 | 50 | 60 | 5,5 | 0,25 | 175 | Schalter | 1 |
| SF 126 | 33 | 500 | 600 | 18 | 50 | 60 | 4,5 | 0,25 | 175 | Breitband | 1 |
| SF 127 | 66 | 500 | 600 | 18 | 50 | 60 | 4,5 | 0,25 | 175 | Verstärker | 1 |
| SF 128 | 100 | 500 | 600 | 18 | 50 | 60 | 4,5 | 0,25 | 175 | Schalter | 1 |
| SF 129 | 120 | 500 | 600 | 18 | 50 | 60 | — | 0,25 | 175 | | 1 |
| SF 131 | 20 | 50 | 300 | 18 | 10 | 200 | 6,0 | 0,5 | 175 | HF- und | 1 |
| SF 132 | 40 | 50 | 300 | 18 | 10 | 200 | 6,0 | 0,5 | 175 | NF-Verstärker | 1 |
| SF 136 | 20 | 200 | 300 | 18 | 10 | 300 | 8,2 | 0,5 | 175 | HF-Verstärker | 1 |
| SF 137 | 40 | 200 | 300 | 18 | 10 | 300 | 7,5 | 0,5 | 175 | | 1 |
| SF 138 | 40 | 200 | 300 | 18 | 10 | 200 | 6,8 | 0,5 | 175 | HF-Verstärker | 1 |
| SF 150 | 140 | 50 | 600 | 29 | 10 | 80 | — | 0,22 | 175 | Video-Endstufen | 1 |
| SF 215 | 20 | 100 | 200 | 28 | 2 | 350 | 8 | 0,5 | 125 | HF-Verstärker | 5 |
| SF 216 | 40 | 100 | 200 | 28 | 2 | 350 | 8 | 0,5 | 100 | | 5 |
| SF 240 | 40 | 25 | 160 | — | — | 600 | — | — | 125 | Fs-ZF | 6 |
| SF 245 | 40 | 25 | 200 | — | — | 800 | — | — | 125 | | 6 |
| SL 112 | 30 | 400 | — | 12 | 100 | 40 | — | [15] | 150 | HF-Leistungs- | 2 |
| SL 113 | 60 | 400 | — | 12 | 100 | 40 | — | [15] | 150 | verstärker, | 2 |
| SL 114 | 100 | 400 | — | 12 | 100 | 40 | — | [15] | 150 | Schalter | 2 |
| SS 101 | 33 | 50 | 250 | 8 | 1 | [1,9] | 15 | 0,42 | 150 | Schalter | 1 |
| SS 102 | 66 | 50 | 250 | 8 | 1 | [1,0] | 15 | 0,42 | 150 | | 1 |
| SS 106 | 25 | 200 | 300 | 18 | 10 | 200 | — | 0,5 | 175 | | 1 |
| SS 108 | 40 | 200 | 300 | 18 | 10 | 300 | — | 0,5 | 175 | Schalter | 1 |
| SS 109 | 20 | 200 | 300 | 18 | 100 | 200 | — | 0,5 | 175 | | 1 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SS 120 | 60 | 500 | 800 | 10 | 500 | — | — | 0,22 | 200 | | 1 |
| SS 125 | 30 | 500 | 600 | 18 | 400 | 30 | — | 0,25 | 175 | Schalter | 1 |
| SS 126 | 60 | 500 | 600 | 18 | 400 | 30 | — | 0,25 | 175 | | 1 |
| SS 200 | 70 | 30 | 150 | 32 | 10 | — | — | 0,5 | 100 | | 5 |
| SS 201 | 100 | 30 | 150 | 32 | 10 | — | — | 0,5 | 100 | Ziffernanzeigeröhren | 5 |
| SS 202 | 120 | 30 | 150 | 32 | 10 | — | — | 0,5 | 100 | | 5 |
| SS 216 | 20 | 100 | 200 | 18 | 30 | 350 | — | 0,5 | 125 | | 1 |
| SS 218 | 20 | 100 | 200 | 18 | 30 | 350 | — | 0,5 | 125 | Schalter | 1 |
| SS 219 | 20 | 100 | 200 | 18 | 30 | 350 | — | 0,5 | 125 | | 1 |

**Universaldioden**

| Typ | $U_R$ V | $I_F$ mA | $U_F$ V | bei $I_F$ mA | $I_R$ µA | bei $U_R$ V | $I_R$ µA | bei $U_R$ V | $\vartheta_j$ °C | Verwendung | Anschluß-schema |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GA 100 | 20 | 20 | < 1 | 5 | 100 | 10 | 500 | 20 | 80 | universeller Einsatz | 7 |
| GA 101 | 40 | 15 | < 1 | 3 | 40 | 10 | 400 | 40 | 80 | | 7 |
| GA 102 | 60 | 12 | < 1 | 3 | 40 | 10 | 350 | 60 | 80 | | 7 |
| GA 103 | 80 | 10 | < 1 | 3 | 15 | 10 | 250 | 80 | 80 | höhere Sperrspannung | 7 |
| GA 104 | 110 | 10 | < 1 | 3 | 15 | 10 | 200 | 110 | 80 | | 7 |
| GA 105 | 20 | 20 | < 1 | 3 | 100 | 10 | 500 | 20 | 80 | Fs-Demodulator | 7 |
| 2 GA 109 | 40 | 15 | < 1 | 5 | 40 | 10 | 300 | 40 | 80 | | 7 |
| 2 GA 113 | 25 | 15 | < 1 | 6 | 40 | 10 | — | — | 100 | Diodenpaare | 7 |
| 4 GA 114 | 25 | 15 | < 1 | 6 | 40 | 10 | 150 | 20 | 75 | | 7 |
| 04 A 657 | 40 | 15 | < 1 | 7,5 | 40 | 10 | 300 | 40 | 80 | Diodenquartette | 8 |
| GAZ 17 | 25 | 20 | < 1 | 5 | 30 | 10 | — | — | 85 | EDV | 7 |

**Schaltdioden**

| Typ | $U_R$ V | $I_F$ mA | $U_F$ V | bei $I_F$ [$I_o$] mA | $I_R$ [nA] µA | bei $U_R$ V | $C_{tot}$ pF | $P_{tot}$ mW | $\vartheta_j$ °C | Verwendung | Anschluß-schema |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GA 106 | 25 | 20 | 1 | 6 | 40 | 10 | — | — | 100 | EDV | 7 |
| GA 107 | 60 | 20 | 1 | 5 | 8 | 10 | — | — | 100 | | 7 |
| GAY 60 | 20 | 75 | 1 | 75 | 1 000 | 20 | 1,5 | 80 | 85 | kleiner Durchlaß- | 7 |
| GAY 61 | 20 | 100 | 0,7 | 75 | 1 000 | 20 | 1,5 | 80 | 85 | widerstand | 7 |
| GAY 62 | 20 | 100 | 0,5 | 10 | 50 | 10 | 1,5 | 80 | 85 | EDV | 7 |
| GAY 63 | 40 | 100 | 0,8 | 7,5 | 50 | 10 | 1,5 | 80 | 85 | hohe Sperrspannung | 7 |
| GAY 64 | 80 | 75 | 1 | 75 | 250 | 80 | 1,5 | 80 | 85 | | 7 |
| GAZ 16 | 25 | 20 | 1 | 5 | 30 | 10 | — | 100 | 85 | EDV | 7 |
| SAY 10 | 50 | 175 | — | [115] | [50] | 50 | 3 | 300 | 150 | | 9 |
| SAY 11 | 25 | 115 | — | [75] | [70] | 25 | 4 | 300 | 150 | | 9 |
| SAY 12 | 50 | 300 | — | [200] | [100] | 50 | 4 | 430 | 150 | schnelle Schalter | 9,10 |
| SAY 14 | 25 | 115 | — | [75] | [70] | 25 | 4 | 300 | 150 | | 9 |
| SAY 15 | 15 | 75 | — | [50] | [500] | 20 | 4 | 300 | 150 | | 9 |
| SAY 16 | 30 | 300 | — | [200] | [100] | 30 | 4 | 430 | 150 | | 9,10 |
| SAY 17 | 50 | 175 | — | [115] | [50] | 50 | 3 | 300 | 150 | Schalter | 10 |
| SAY 18 | 25 | 115 | — | [75] | [70] | 25 | 4 | 300 | 150 | | 10 |
| SAY 19 | 25 | 115 | — | [75] | [70] | 25 | 4 | 300 | 150 | | 10 |
| SAY 20 | 15 | 75 | — | [50] | [50] | 15 | 4 | 300 | 150 | | 10 |
| SAY 30 | 25 | 30 | — | — | [40] | 25 | 8 | 150 | 150 | Schalter | 10 |
| SAY 32 | 25 | 50 | — | — | [40] | 25 | 8 | 150 | 150 | | 10 |
| SAY 40 | 15 | 20 | — | — | [60] | 15 | 8 | 150 | 150 | | 10 |
| SAY 42 | 15 | 30 | — | — | [60] | 15 | 8 | 150 | 150 | | 10 |
| SAY 60 | 15 | 20 | — | — | [60] | 15 | 8 | 150 | 150 | Doppeldioden | 11 |
| SAY 62 | 15 | 30 | — | — | [60] | 15 | 8 | 150 | 150 | | 11 |

**Germanium-Halbleitergleichrichter**

| Typ | $U_{RN}$ V | $I_{FN}$ A | $U_F$ V | $I_R$ µA | $I_{FP}$ A | $\vartheta_j$ °C | Anschluß-schema |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GY 099 | 12 | 0,1 | 0,5 | 100 | 0,35 | 75 | 12 |
| GY 100 | 24 | 0,1 | 0,5 | 100 | 0,35 | 75 | 12 |
| GY 101 | 40 | 0,1 | 0,5 | 100 | 0,35 | 75 | 12 |
| GY 102 | 75 | 0,1 | 0,5 | 100 | 0,35 | 75 | 12 |
| GY 103 | 100 | 0,1 | 0,5 | 100 | 0,35 | 75 | 12 |
| GY 104 | 150 | 0,1 | 0,5 | 50 | 0,35 | 75 | 12 |
| GY 105 | 200 | 0,1 | 0,5 | 50 | 0,35 | 75 | 12 |
| GY 109 | 12 | 1,0 | 1,0 | 200 | 3 | 75 | 13 |
| GY 110 | 24 | 1,0 | 1.0 | 200 | 3 | 75 | 13 |
| GY 111 | 40 | 1,0 | 1,0 | 200 | 3 | 75 | 13 |
| GY 112 | 75 | 1,0 | 1,0 | 200 | 3 | 75 | 13 |
| GY 113 | 100 | 1,0 | 1,0 | 200 | 3 | 75 | 13 |
| GY 114 | 150 | 1,0 | 1,0 | 200 | 3 | 75 | 13 |
| GY 115 | 200 | 1,0 | 1,0 | 200 | 3 | 75 | 13 |
| GY 120 | 20 | 10,0 | 0,6 | 2 000 | 32 | 75 | 14 |
| GY 121 | 40 | 10,0 | 0,6 | 2 000 | 32 | 75 | 14 |
| GY 122 | 65 | 10,0 | 0,6 | 2 000 | 32 | 75 | 14 |
| GY 123 | 100 | 10,0 | 0,6 | 2 000 | 32 | 75 | 14 |
| GY 124 | 150 | 10,0 | 0,6 | 2 000 | 32 | 75 | 14 |
| GY 125 | 200 | 10,0 | 0,6 | 2 000 | 32 | 75 | 14 |

**Silizium-Halbleitergleichrichter**

| Typ | $U_{RN}$ V | $I_{FN}$ A | $U_F$ V | $I_R$ [µA] mA | $I_{FM}$ A | $\vartheta_j$ °C | Anschluß-schema | Anmerkung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SY 100 | 75 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | Katode am Gehäuse SY 120 ··· 130: Anode am Gehäuse |
| SY 101 | 100 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 102 | 200 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 103 | 300 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 104 | 400 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 105 | 500 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 106 | 600 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 107 | 700 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 108 | 800 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 110 | 1 000 | 0,8 | 1,2 | 10 | 6 | 150 | 15 | |
| SY 160 | 50 | 8,5 | 0,62 | [3] | 30 | 150 | 16 | |
| SY 162 | 200 | 8,5 | 0,62 | [3] | 30 | 150 | 16 | |
| SY 164 | 400 | 8,5 | 0,62 | [3] | 30 | 150 | 16 | |
| SY 166 | 600 | 8 5 | 0,62 | [3] | 30 | 150 | 16 | |
| SY 170 | 100 | 25 | 1,0 | [6] | 39 | 150 | 17 | |
| SY 171 | 100 | 25 | 1,0 | [6] | 39 | 150 | 17 | |
| SY 172 | 200 | 25 | 1,0 | [8] | 39 | 150 | 17 | |
| SY 173 | 200 | 25 | 1,0 | [8] | 39 | 150 | 17 | |
| SY 200 | 75 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | Katode am Gehäuse SY 220 ··· 230: Anode am Gehäuse |
| SY 201 | 100 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |
| SY 202 | 200 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |
| SY 203 | 300 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |
| SY 204 | 400 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |
| SY 205 | 500 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |
| SY 206 | 600 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |
| SY 207 | 700 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |
| SY 208 | 800 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |
| SY 210 | 1 000 | 0,7 | 1,2 | 150 | 2 | 150 | 18 | |

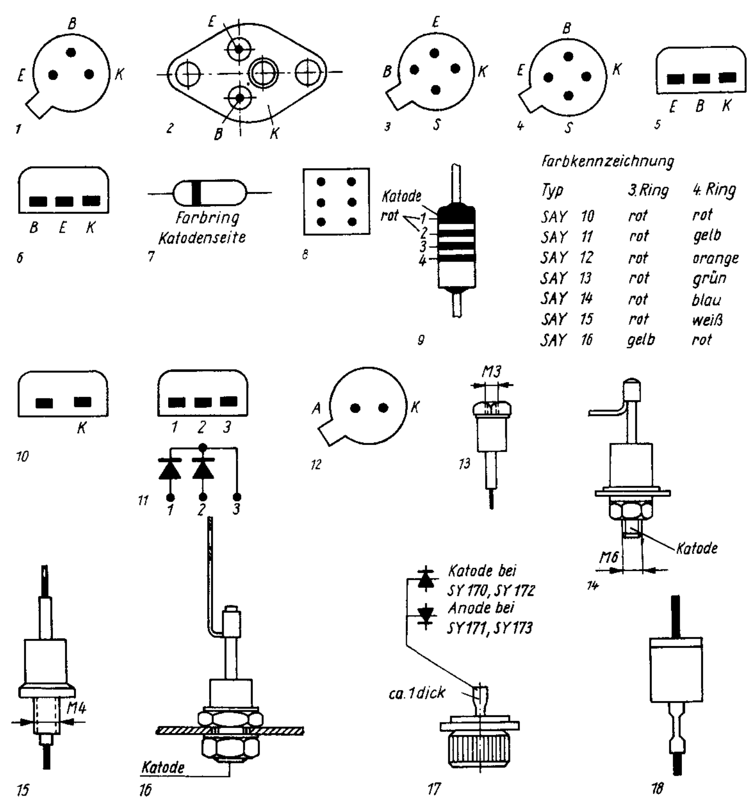
**Silizium-Z-Dioden**

| Typ | $U_Z$[1]) V | $r_Z$[1]) Ω | $U_R$[2]) V | $P_{tot}$ mW | Anschluß-schema |
|---|---|---|---|---|---|
| Reihe E 12 (10%) | | | | | |
| SZX 18/1 | 0,65 ··· 0,85 | 8 | — | 250 | 7 |
| SZX 18/5,6 | 5,0 ··· 6,3 | 65 | 1 | 250 | 7 |
| SZX 18/6,8 | 6,0 ··· 7,5 | 10 | 2 | 250 | 7 |
| SZX 18/8,2 | 7,3 ··· 9,2 | 8 | 3,5 | 250 | 7 |
| SZX 18/10 | 8,8 ··· 11,0 | 17 | 5 | 250 | 7 |
| SZX 18/12 | 10,7 ··· 13,4 | 30 | 7 | 250 | 7 |
| SZX 18/15 | 13,0 ··· 16,5 | 40 | 10 | 250 | 7 |
| SZX 18/18 | 16,0 ··· 20,0 | 55 | 10 | 250 | 7 |
| SZX 18/22 | 19,6 ··· 24,4 | 90 | 12 | 250 | 7 |
| Reihe E 24 (5%) | | | | | |
| SZX 19/5,1 | 4,8 ··· 5,4 | 75 | 1 | 250 | 7 |
| SZX 19/5,6 | 5,2 ··· 6,0 | 60 | 1 | 250 | 7 |
| SZX 19/6,2 | 5,8 ··· 6,6 | 35 | 1 | 250 | 7 |
| SZX 19/6,8 | 6,4 ··· 7,2 | 8 | 2 | 250 | 7 |
| SZX 19/7,5 | 7,0 ··· 7,9 | 7 | 2 | 250 | 7 |
| SZX 19/8,2 | 7,7 ··· 8,7 | 7 | 3,5 | 250 | 7 |
| SZX 19/9,1 | 8,5 ··· 9,6 | 10 | 3,6 | 250 | 7 |
| SZX 19/10 | 9,4 ··· 10,6 | 15 | 5 | 250 | 7 |
| SZX 19/11 | 10,4 ··· 11,6 | 20 | 5 | 250 | 7 |
| SZX 19/12 | 11,4 ··· 12,8 | 20 | 7 | 250 | 7 |
| SZX 19/13 | 12,5 ··· 14,0 | 30 | 7 | 250 | 7 |
| SZX 19/15 | 13,8 ··· 15,5 | 35 | 10 | 250 | 7 |
| SZX 19/16 | 15,3 ··· 17,0 | 40 | 10 | 250 | 7 |
| SZX 19/18 | 16,8 ··· 19,0 | 50 | 10 | 250 | 7 |
| SZX 19/20 | 18,8 ··· 21,0 | 80 | 10 | 250 | 7 |
| SZX 19/22 | 20,8 ··· 23,0 | 80 | 12 | 250 | 7 |
| SZX 19/24 | 22,8 ··· 25,6 | 80 | 12 | 250 | 7 |

[1]) bei $I_Z = 5$ mA
[2]) $I_R = 1$ µA

**Silizium-Z-Dioden (Leistungstypen)**

| Typ | $U_Z$ V | $r_Z$ Ω | bei $I_Z$ mA | $I_{Z\,max}$ mA | Anschluß-schema |
|---|---|---|---|---|---|
| SZ 501 | 0,65 ··· 0,85 | 1,5 | 100 | 175 | 15 |
| SZ 504 | 4,8 ··· 5,5 | 5 | 100 | 175 | 15 |
| SZ 505 | 5,3 ··· 6,0 | 2 | 100 | 160 | 15 |
| SZ 555 | 5,8 ··· 6,6 | 2 | 100 | 145 | 15 |
| SZ 506 | 6,4 ··· 7,3 | 2 | 100 | 130 | 15 |
| SZ 507 | 7,1 ··· 7,9 | 2 | 100 | 115 | 15 |
| SZ 508 | 7,7 ··· 8,8 | 2 | 100 | 110 | 15 |
| SZ 509 | 8,5 ··· 9,6 | 4 | 50 | 100 | 15 |
| SZ 510 | 9,4 ··· 10,6 | 4 | 50 | 90 | 15 |
| SZ 511 | 10,4 ··· 11,6 | 7 | 50 | 80 | 15 |
| SZ 512 | 11,4 ··· 12,7 | 7 | 50 | 75 | 15 |
| SZ 513 | 12,5 ··· 14,0 | 11 | 50 | 65 | 15 |
| SZ 515 | 13,8 ··· 15,8 | 11 | 50 | 60 | 15 |
| SZ 516 | 15,3 ··· 17,0 | 15 | 25 | 55 | 15 |
| SZ 518 | 16,8 ··· 19,0 | 15 | 25 | 50 | 15 |
| SZ 520 | 18,8 ··· 21,0 | 15 | 25 | 45 | 15 |
| SZ 522 | 20,8 ··· 23,0 | 15 | 25 | 40 | 15 |



**Transistor-Vergleichstabelle**

| DDR-Typ | UdSSR | RGW | Europa | USA | Japan |
|---|---|---|---|---|---|
| GC 100 | P5B, P5G, P 27 | TG 2, TG 5, GC 506, GC 515 | OC 303, AC 107, OC 603, AC 160, OC 70 | 2 N 34 | — |
| GC 116 | GT 108, MP 20, GT 109 | OC 70, TG 4, SFT 353 | AC 151, AC 116, AC 125, AC 150 | 2 N 187 | 2 SB 66, 2 SB 75 |
| GC 121 | MP 39, MP 40, MP 21 | TG 52, TG 55, GC 507, GC 508 | AC 132, AC 123, AC 173 | 2 N 526 | 2 SB 77, 2 SB 156 |
| GC 301 | 1 T 403 | T 143, GC 510, GC 500 | AC 128, AC 188, AC 131, AC 117 | — | 2 SB 200, 2 SB 370 |
| GD 110 | P3B, 1 T 403 | TG 60, 2 NU 72 | TF 78/30, OC 30, AD 155, AD 139 | 2 N 143, 2 N 141 | 2 SB 80, 2 SB 81 |
| GD 160 | P3W, P 201, P4B | GD 618, 4 NU 72, OC 1016, AD 1202 | AD 162, AD 152 | 2 N 257, 2 N 268 | 2 SB 367, 2 SB 368 |
| GD 240 | GT 703, P4W, P 213, P 214, P 215 | 4 NU 73, TG 72, ASZ 1016, T 250 | AD 130, AD 150, AD 132, AD 160, AD 148 | 2 N 2063, 2 N 257, 2 N 1146 | 2 SB 337, 2 SB 338 |
| GF 100 | GT 109, P 406 | OC 1044, SFT 308, 156 NU 70 | OC 613, AF 101, OC 44 | 2 N 481, 2 N 485 | 2 SA 354, 2 SA 15 |
| GF 121 | P 405, GT 309, GT 310, M4B | TG 40, OC 170 | AF 117, AF 137, AF 105, AF 127 | 2 N 370, 2 N 384 | 2 SA 357, 2 SA 80 |
| GF 131 | P 410, GT 309, GT 310, P 422, GT 322, P 415 | GF 514, GF 515, GF 516, TG 41 | AF 125, AF 135, AF 124, AF 134, AFY 13 | — | 2 SA 235, 2 SA 288 |
| GF 145 | GT 346 | GF 507 | AF 139, AF 239, AF 251, AF 252, AFY 16, AFY 18 | — | 2 SA 280 |
| GF 140 | GT 313, P 411 | GF 505, GF 506 | AF 106, AFY 10, AFY 12, AFY 11 | — | 2 SA 440, 2 SA 436 |
| GS 111 | GT 115 | OC 1076 | ASY 26, ASY 73, ASY 37, ASY 36 | 2 N 1305, 2 N 526 | 2 SA 210 |
| GS 121 | GT 115 | OC 1076 | ASY 34, ASY 31, ASY 81 | 2 N 527 | — |

| DDR-Typ | UdSSR | RGW | Europa | USA | Japan |
|---|---|---|---|---|---|
| SC 207 | MP 111, MP 113 | KC 147, KC 507 | BC 148, BC 168, BC 170, BC 196 | 2 N 3708, 2 N 4264 | — |
| SF 121 | KT 312, KT 601, KT 603 | KF 506 | BFY 33, BSY 51, BSY 55, BSY 85, BSY 88 | 2 N 1253, 2 N 2218, 2 N 3108 | 2 SC 150, 2 SC 151, 2 SC 152 |
| SF 131 | KT 306, KT 325, KT 326 | KF 124, KF 524 | BFY 19, BFY 37 | 2 N 706, 2 N 708 | 2 SC 62, 2 SC 172 |
| SF 136 | KT 315, KT 301, KT 312 | KSY 62, KS 500, BF 251 | BSY 17, BSY 38, BSY 62, BSY 72, BC 107 | 2 N 708, 2 N 3013 | — |
| SF 215 | KT 315 | KF 124, KF 125 | BF 194, BF 254 | 2 N 3826, 2 N 3828 | 2 SC 641 |
| SF 240 | KT 316 | KF 167, KF 173 | BF 127, BF 167, BF 173, BF 199 | — | — |
| SS 106 | KT 312, KT 315 | KSY 62, KSY 21, BSY 52, KSY 71 | BSY 63, BSY 39, BSY 70 | 2 N 708, 2 N 914 | — |
| SS 201 | — | — | BF 228, BSW 32, BSW 69, BSY 79 | — | — |
| SS 216 | — | — | BSX 80, BSX 69, BSW 13, BSW 21 | — | 2 SC 715, 2 SC 857 |

## Leiterplatten-Lieferprogramm 1973/74

| Nr. | Gerätebezeichnung | Preis | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| 1 | NF-Verstärker 2,5 W, eisenl. (Tv 1001) | 4,— | FA 8/68 |
| 2 | Einkreis-Taschenempfänger (Tg 1002/3) | 4,— | ruf 7/64, FA 6/66 |
| 3 | NF-Verstärker 160 mW (Tv 1005) | 2,50 | ruf 11/64, FA 2/66 |
| 4 | Kristallmikrofonverstärker (Tv 1005) | 2,— | ruf 18/64, FA 5/66 |
| 5 | Rechteckwellengenerator (Mv 1006) | 4,— | ruf 24/64, FA 7/66 |
| 6 | Verstärker mit induktivem Eingang (Tv 1007) | 2,— | ruf 11/65, FA 3/66 |
| 7 | Sinusgenerator 1000 Hz (Tg 1008) | 2,50 | ruf 16/65, FA 1/66 |
| 8 | Schmitt-Trigger I (Tg 1009) | 0,80 | FA 8 + 9/66, 1/67 |
| 9 | Schmitt-Trigger II (Tg 1009) | 0,80 | FA 1/69 |
| 10 | Astabiler Multivibrator (Germ.) (Tg 1009) | 0,80 | FA 2/69 |
| 11 | Astabiler Multivibrator (Si.) (Tg 1009) | 0,80 | FA 3/71 |
| 12 | Monostabiler Multivibrator (Tg 1009) | 0,80 | FA 2/71 |
| 13 | Widerstandsbrücke (Br 1010) | 0,80 | FA 8 + 9/66, 2/67 |
| 14 | Gleichrichtung (Gr 1011) | 0,80 | FA 8 + 9/66, 3/67 |
| 15 | Leistungsschaltstufe (Ls 1012) | 1,— | FA 8 + 9/66, 4/67 |
| 16 | Leistungsschaltstufe (Ls 1013) | 1,— | FA 8 + 9/66, 5/67 |
| 17 | Universalleiterplatte (Up 1014) | 6,— | FA 4/66 |
| 18 | Universalleiterplatte (Up 1015) | 6,— | FA 4/66 |
| 19 | Gleichrichterbaustein, 0,2 A (Sb 1016) | 3,— | FA 10 + 11/66, 2/68 |
| 20 | Gleichrichterbaustein, 1 A (Sb 1017) | 4,— | FA 10 + 11/66, 3/68 |
| 21 | Sinus-Rechteckgenerator (Tg 1018) | 4,— | FA 1/67, 3/69 |
| 22 | 4-Kreis-Super, HF-Teil (Tg 1019) | 2,50 | FA 12/68 |
| 23 | HF-Sinusgenerator, 1 MHz (To 1020) | 1,— | FA 3/70 |
| 24 | Universalleiterplatte (Up 1021) | 0,80 | FA 8/67 |
| 25 | Universalleiterplatte (Up 1022) | 0,80 | FA 8/67 |
| 26 | Universalleiterplatte (Up 1023) | 1,— | FA 8/67 |
| 27 | Universalleiterplatte (Up 1024) | 1,— | FA 8/67 |
| 28 | Plattenspieler-Vorverstärker (Tg 1025) | 4,— | FA 1/70 |
| 29 | Auto-Scheibenwischer-Automatik (Tg 1026) | 3,— | FA 5/70 |
| 30 | Schwellwertschalter, 2× 50 W (Tg 1027) | 2,30 | FA 1/71 |
| 31 | Universalleiterplatte (Up 1028) | 1,50 | FA 4/71 |
| 32 | Universalleiterplatte (Up 1029) | 6,— | FA 4/71 |
| 33 | Universalleiterplatte (Up 1030) | 6,— | FA 4/71 |
| 34 | Universalleiterplatte (Up 1031) | 6,— | FA 4/71 |
| 35 | Universalleiterplatte (Up 1032) | 6,— | FA 4/71 |
| 36 | Universalleiterplatte (Up 1033) | 6,— | FA 4/71 |
| 37 | NF-Verstärker 500 mW, eisenl. (Tv 1024) | 2,30 | FA 11/72 |
| 38 | Stereo-Kopfhörerverstärker (Tv 1035) | 2,50 | FA 7/71 |
| 39 | Bistabiler Multivibrator (Tg 1036) | 0,80 | FA 10/72 |
| 40 | NF-Verstärker (m. Röhren) (02200b) | 3,— | FA 3/67 |
| 41 | Universalleiterplatte | 4,— | FA 6/67 |
| 42 | Elektrische Sirene | 2,50 | FA 8/67 |
| 43 | Rechteckgenerator (RG I) | 2,50 | FA 12/67 |
| 44 | Elektronisches Nebelhorn | 2,50 | FA 9/68 |
| 45 | 2-m-Funksprechgerät | 2,50 | FA 4/69 |
| 46 | SSB-Exciter | 10,— | Elektron. Jahrbuch 69 |
| 47 | VFO | 2,— | Elektron. Jahrbuch 69 |
| 48 | 2-m-Fuchsjagdempfänger | 8,— | FA 2/70 |
| 49 | Fernsteueranlage Sender (W. Fs. 8) | 4,— | Beitragsserie in „Junge Welt" Nr. 305 v. 24. 12. 70, Nr. 7 v. 8. 1. 71, Nr. 19 v. 22. 1. 71, Nr. 31 v. 5. 2. 71, Nr. 43 v. 19. 2. 71, Nr. 55 v. 5. 3. 71, Nr. 67 v. 19. 3. 71 |
| 50 | Fernsteueranlage Empfänger (W. Fe. 1) | 2,— | |
| 51 | Fernsteueranlage Schaltst. I (W. Sst. 1) | 2,— | |
| 52 | Fernsteueranlage Schaltst. II (W. Sst. 2) | 1,50 | |
| 53 | Handsprechfunkgerät für das 10-m-Band | 3,50 | FA 1/71 |
| | 25-W-Stereoverstärker | | |
| 54 | – Verstärker | 6,— | FA 3/71 |
| 55 | – Netzteil | 6,— | FA 4/71 |

| Nr. | Gerätebezeichnung | Preis | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| 56 | Signalpegelprüfer in digit. Schaltkreisen | 2,50 | FA 4/71 |
| | SSB-Sendestation | | |
| 57 | - NF-Verstärker, Tiefpaß, VOX | 6,— | FA 4/71 |
| 58 | - Exciter | 6,— | FA 5/71 |
| 59 | - Hauptplatte für Bandmischer | 6,— | FA 5/71 |
| 60 | - Bandverstärker | 2,30 | FA 5/71 |
| 61 | - 7-MHz-Oszillator | 2,50 | FA 6/71 |
| 62 | - Mischer | 2,50 | FA 6/71 |
| | NF-Verstärker und Klangregelstufe | | |
| 63 | - Mischverstärker | 4,— | FA 5/71 |
| 64 | - Klangregelstufe | 3,— | FA 5/71 |
| 65 | RC-Generator mit Miniplasttransistoren | 4,— | FA 8/71 |
| 66 | Elektronische Sicherung | 2,30 | FA 9/71 |
| | Elektronischer Umschalter für Sioskop | | |
| 67 | - Meßverstärker | 3,50 | FA 10/71 |
| 68 | - Multivibrator, Tor- u. Synchron. Stufe | 3,50 | FA 10/71 |
| 69 | - Netzteil | 5,— | FA 10/71 |
| 70 | Thyristorsteuerung | 3,— | FA 11/71 |
| 71 | Zeitgeber mit Miller-Intergrator | 2,30 | FA 12/71 |
| 72 | Fuchsjagdempfänger für das 80-m-Band | 3,— | FA 12/71 |
| 73 | Fuchsjadgempfänger mit IC | 3,— | FA 1/72 |
| | Stereo-Zusatzgerät für Tonbandgerät B 5 | | |
| 74 | - NF-Verstärker | 2,50 | FA 2/72 |
| 75 | - NF-Generator | 2,50 | FA 2/72 |
| 76 | VFX für die KW-Bänder | 6,— | FA 3/72 |
| 77 | Tragbare VHF/UHF-Station kl. Leistung | 12,— | FA 4/72 |
| | (Satz = 4 Platten) | | FA 5/72 |
| 78 | Elektronisches Blitzgerät | 2,30 | FA 5/72 |
| 79 | VHF/UHF-Umschalter | 2,— | FA 6/72 |
| 80 | 80-m-Fuchsjagdempfänger | 2,50 | FA 7/72 |
| 81 | Autosuper | 2,50 | FA 8/72 |
| 82 | Antennenweiche | 1,— | FA 8/72 |
| 83 | HF-Prüfoszillator | 2,30 | FA 8/72 |
| 84 | Fernsteuerempfänger 27, 12 MHz | 2,30 | FA 8/72 |
| 85 | Komplementär-Kaskode-ZF-Verstärker | 2,30 | FA 9/72 |
| 86 | UKW/FS-Antennenverstärker | 3,— | FA 9/72 |
| 87 | 80-m-Fuchsjagdempfänger | 3,— | FA 9/72 |
| 88 | 9-MHz-Oszillator mit Kapazitätsdiode | 2,— | FA 10/72 |
| 89 | Transistorisierter Bild-ZF- und Videoverstärker | 3,— | FA 11/72 |
| 90 | Peilempfänger für das 80-m-Band | 5,— | FA 11/72 |
| 91 | Callgeber Eberfox | 4,— | FA 12/72 |
| 92 | UHF-Konverter in Streifenleitertechnik | 8,— | rfe 20/72 |
| 93 | Steuergerät für synchrone Vertonung von Diavorführungen (2 Platten) | 7,— | FA 1/73 |
| 94 | Transistor-NF-Mischpult für Monobetrieb | 5,— | FA 2/73 |
| 95 | FM-ZF-Verstärkerbaustein (Mini-Wobbler für TV) | 3,— | FA 2/73 |
| 96 | Leiterplatte für Kleinstakkubetrieb | 2,— | FA 2/73 |
| 97 | Elektronische Morsetaste | 2,50 | FA 2/73 |
| 98 | Antennenverstärker mit Mesa-Transistor | 2,— | FA 3/73 |
| 99 | Sirene mit Impulsgeber | 2,— | FA 3/73 |
| 100 | Thyristor-Fotozeitschalter | 3,50 | FA 3/73 |
| 101 | 5-W-Fuchsjagdsender | 4,— | FA 3/73 |
| 102 | KW-Transistorsuper »pionier 5« | 4,— | FA 3/73 |
| 103 | ZF-Bausteine mit 200-kHz-Filter für SSB-Empfänger | 4,— | FA 4/73 |
| 104 | Fuchsjagdempfänger für das 2-m-Band | 5,— | FA 4/73 |
| 105 | Elektronische Morsetaste | 4,— | FA 4/73 |
| 106 | Elektronische Morsetaste (Netzteil) | 3,— | FA 5/73 |
| 107 | Peilempfänger für das 2-m-Band | 4,— | FA 8/73 |
| 108 | Dyn. Rauschbegrenzer im NF-Verstärker | 3,— | FA 11/73 |
| 109 | Eichmarkengeber mit TTL-Schaltkreisen | 4,— | FA 10/73 |
| 110 | FET-Konverter für 28 MHz | 2,50 | FA 10/73 |
| 111 | UHF-Konverter mit elektronischer Abstimmung (Material: Cevausit) | 6,— | FA 12/73 |
| 112 | Hochohmiges Gleichspannungsmeßgerät | 3,— | FA 12/73 |
| 113 | 2-m-Fuchsjagdsender | 6,— | FA 2/74 |
| 114 | Elektronische Morsetaste mit IC | 3,— | FA 3/74 |
| 115 | Sensortastenaggregat | 6,— | FA 4/74 |

**Bis auf weiteres sind auch die zukünftig im FUNKAMATEUR veröffentlichten Leiterplatten erhältlich!**

**Bezugsmöglichkeit für die Leiterplatten:**

I. Borkmann, 1195 Berlin, Erich-Lodemann-Str. 47, Tel. 6 32 76 82

Die Lieferung erfolgt gegen Voreinsendung des Betrages zuzüglich 0,40 M Porto (Postscheckamt Berlin, Konto Nr. 125 136).
Bestellung bitte auf dem linken Einzahlungsabschnitt angeben.
Die Leiterplatten werden ungelocht geliefert, Lieferzeit etwa 6 Wochen.
Basismaterial auf Anfrage (Mindestmenge 0,5 $m^2$, Abholung erforderlich).

**Anfertigung von Leiterplatten nach Kundenvorlagen:**

Betr.-Nr.: 90031971
Verfahren: Siebdruck
Erforderliche Vorlage: 1 kopierfähiges Diapositiv der Leitungsführung im Maßstab 1:1
Stückzahlbereich: min. 10 Stück/Typ
max. etwa 50 Stück/Typ
Lieferzeit: etwa 8 Wochen

# Literatur für den Radiobastler


*Bücher*

VEB Verlag Technik, Berlin

*Tucek/Irmler:* Überlagerungsempfänger (1961)
*Balcke/Heisterberg:* HF- und Verstärkertechnik (1971)
*Pabst, B.:* Fehlersuche in Transistorempfängern (1970)
*Pabst/Finke:* Rundfunk- und Fernsehbauteile (1971)
*Wahl, R.:* Elektronik für Elektromechaniker (1966)

VEB Fachbuchverlag, Leipzig

*Springstein, K.-A.:* Einführung in die KW- und UKW-Empfängerpraxis (1953)
*Friedrich, W.:* Tabellenbuch für das Metallgewerbe (1957)
*Sherebzow, I. P.:* Rundfunktechnik (1954)
*Grötsch, R.:* Wie liest man eine Formel, einen Schaltplan, ein Schaubild (1953)
*Otto/Müller:* Flächentransistoren (1960)
*Pfüller, S.:* Halbleiter – Bauelemente neuer Technik (1961)
*Satschkow, D. D.:* Anleitung zum Konstruieren von Rundfunkempfängern und anderen Funkgeräten (1955)
*Conrad, W.:* Grundschaltungen der Funktechnik (1955)
*Burkhardt, H.:* Fachkunde für Elektroakustik (1953)

VEB Verlag Volk und Wissen, Berlin

*Autorenkollektiv:* Werkstoffbearbeitung für Elektroberufe (1958)
*Autorenkollektiv:* Fachkunde für Funkmechaniker (1961)
*Reth:* Grundlagen der Elektrotechnik (1960)
*Graff/Knoblich:* Mit Feile und Schraubstock (1957)

B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig

*Schwoch/Blume:* Das Bearbeiten der Metalle (1954)
*Pabst, B.:* Anleitung zur Fehlersuche für Rundfunkmechaniker (1957)
*Pabst, B.:* Bauelemente des Rundfunkempfängers (1957)

Militärverlag der DDR, Berlin

*Autorenkollektiv:* Amateurfunk (1963)
*Autorenkollektiv:* electronicum (1969)
*Fischer, H.-J.:* Transistortechnik für den Funkamateur (1962)

*Rothammel, K.* Antennenbuch (1969)
*Autorenkollektiv:* Bastelbuch für Modellelektronik (1970)
*Jakubaschk, H.:* Amateurtontechnik (1967)
*Jakubaschk, H.:* Das große Elektronikbastelbuch (1968)
*Schlenzig, K.:* Amateurtechnologie (1969)
*Streng, K. K.:* abc der Niederfrequenztechnik (1969)
*Streng, K. K.:* abc der Fernsehempfängertechnik (1970)
*Streng, K. K.:* abc der Stromversorgungstechnik (1972)
*Streng, K. K.:* abc von Elektronenröhre und Halbleiterbauelement (1973)
*Kaczmarek, H.:* 1000 Tips für den Amateurelektroniker (1969)

Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig

*Pitsch, H.:* Hilfsbuch für die Funktechnik (1951)

Franzis-Verlag, München

*Mende, H. G.:* Leitfaden der Transistortechnik (1959)

Verlag Energija, Moskau

*Autorenkollektiv:* Handbuch für den Funkamateur (1961)
*Autorenkollektiv:* Anleitung für die Montage von Rundfunkempfängern (1953)
*Burlandi/Gribanow:* Radioamateurkonstruktionen (1967)
*Burlandi/Sherebzow:* Materialsammlung für Radioamateure (1971)
*Borisow, W. G.:* Der junge Radioamateur (1972)
*Autorenkollektiv:* Handbuch für den Radioamateur (1969)

Verlag Wissenschaft, Kiew

*Terestschuk/Fuks:* Kleine Radioempfänger (1967)

Verlag Junge Garde, Moskau

*Smetanin, B.:* Der junge Radiokonstrukteur (1956)

Verlag SNTL, Praha

*Cermak, J.:* Der Transistor in der Amateurpraxis (1960)
*Major, R.:* Kleine Radiotechnik (1959)
*Borovizka, J.:* Empfänger und Vorsetzer für UKW (1967)
*Zurina, T.:* Halbleiterelektronik (1968)

Verlag Nase Vojsko, Praha

*Autorenkollektiv:* Handbuch der radiotechnischen Praxis (1959)
*Donat, K.:* UKW-Empfang im Rundfunk- und Fernsehbereich (1968)

Verlag des SVAZARM, Praha

*Donat, K.:* Konstruktions-Handbuch für Radioamateure (1958)

Verlag Mlada Fronta, Praha

*Skoda, Z.:* Mit Transistor und Batterie (1961)

Verlag PTW, Warszawa

*Rozycki, J.:* HiFi-Technik (1959)

Verlag WKL, Warszawa

*Justat, J.:* Halbleiter in der Radioamateurpraxis (1971)
*Faust, Z.:* Radioamateurkonstruktionen (1971)

Verlag Müszaki, Budapest

*Magyari, B.:* Radioamateur-Lexikon (1967)

Verlag Medizin und Naturwissenschaften, Sofia

*Dokow/Markow:* Radiotechnik für Funkamateure (1958)
*Autorenkollektiv:* Elektrotechnik für den Funkamateur (1957)
*Bitscharow, N.:* Praktische Grundlagen der Radiotechnik (1961)
*Paschew, S.:* Meßgeräte für den Radioamateur (1960)
*Snitzerew, G. A.:* Meßtechnik zur Empfängerreparatur (1957)
*Parmakljew/Ratschew:* Konstruktionstechnik für Radioamateure (1960)

*Broschürenreihen*

Militärverlag der DDR, Berlin

»electronica« (früher »Der praktische Funkamateur«), bis 1973 etwa 120 Titel
»Der junge Funker«, bis 1973 etwa 20 Titel
»Originalbaupläne«, bis 1973 etwa 25 Titel

Franzis-Verlag, München

»Radio-Praktiker-Bücherei«, bis 1973 etwa 150 Titel

Verlag Energija, Moskau

»Große Radiobibliothek«, bis 1973 etwa 850 Titel

Verlag MHS, Budapest

»Radioamateur-Bücherei«, bis 1966 etwa 85 Titel

Verlag Nase Vojsko, Praha

»Der Radiokonstrukteur des SVAZARM«, bis 1958 etwa 40 Titel

Verlag MAGNET, Praha

»Der Radiokonstrukteur«, bis 1973 etwa 55 Titel

*Zeitschriften*

»radio, fernsehen, elektronik«, VEB Verlag Technik, Berlin
»FUNKAMATEUR«, Militärverlag der DDR, Berlin
»Funktechnik«, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin-Borsigwalde
»Funkschau«, Franzis-Verlag, München

»Radio-Elektronik-Schau«, Wien, Österreich
»Radio«, Moskau, UdSSR
»Amaterske Radio«, Praha, ČSSR
»Radioamator«, Warszawa, VR Polen
»Radiotechnika«, Budapest, VR Ungarn
»Radio i televisia«, Sofia, VR Bulgarien
»Radioamater«, Beograd, FVR Jugoslawien

# Schlagwortverzeichnis

4., völlig überarbeitete Auflage, 79.–139. Tausend

der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) — Berlin, 1974
Cheflektorat Militärliteratur
Lizenz-Nr. 5
LSV 3539
Lektor: Wolfgang Stammler
Zeichnungen: Evelin Leipold
Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Ingeburg Zoschke
Korrektoren: Ilka Krienitz · Willi Georgino
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden
Redaktionsschluß: 15. Juli 1973
Bestellnummer: 745 569 4
EVP 13,20